ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70682— 2023

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КАТЕГОРИЙ N1, N2

Протоколы заправки газообразным водородом

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ» (ФГУП «НАМИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 056 «Дорожный транспорт»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 сентября 2023 г. № 982-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Термины и определения 2
3 Обозначения и сокращения 6
3.1 Обозначения 6
3.2 Сокращения 9
4 Общее описание протокола заправки водородом 9
5 Общие технологические требования для заправки водородом 12
6 Основные допущения моделирования 13
7 Протокол заправки на основе таблиц 14
7.1 Общие требования к процессу заправки водородом 14
7.2 Емкость СХКВ 18
7.3 Требования к давлению 18
7.4 Управление циклом 20
7.5 Сигнал прерывания от автомобиля 20
7.6 Допуски 21
7.7 Табличная блок-схема заправки водородом 21
7.8 Заправка водородом без связи 22
7.9 Заправка со связью 23
7.10 Ошибка температуры подачи водорода и аварийная процедура 25
7.11 Дозаправка водородом 26
7.12 Справочные таблицы для холодной заправки 26
8 Протокол заправки на основе формулы MC 27
8.1 Общие требования к заправке водородом 27
8.2 Емкость СХКВ 29
8.3 Требования к давлению 29
8.4 Управление циклом 32
8.5 Сигнал прерывания от транспортного средства 32
8.6 Допуски 32
8.7 Блок-схема заправки водородом на основе формулы MC 32
8.8 Заправка водородом без связи 34
8.9 Заправка со связью 34
8.10 Холодная заправка 36
Приложение А (обязательное) Обоснование протокола заправки водородом 37
Приложение Б (обязательное) Блок-схемы подпрограмм 54
Приложение В (обязательное) Критерии приемки для эксплуатационных испытаний 64
Приложение Г (обязательное) Стандартные таблицы 65
Приложение Д (обязательное) Дополнительные таблицы для предварительно охлажденных ТРК (H70) 107
Приложение Е (обязательное) Характеристики температуры подачи водорода в ТРК и характеристики регулирования 120
Приложение Ж (обязательное) Примеры интерполяции таблиц 121
Приложение И (обязательное) Обоснование и разработка протокола заправки водородом на основе формулы MC 126
Приложение К (обязательное) Блок-схемы на основе формулы MC 150
Приложение Л (обязательное) Параметры и коэффициенты, основанные на формулах MC 166
Приложение М (обязательное) Таблицы конечного давления на основе формулы MC 207
Приложение Н (справочное) Дополнительный метод проверки целостности 254
Приложение П (обязательное) Дополнительный метод проверки рациональности данных связи . . 256
Библиография 258

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КАТЕГОРИЙ N1, N2

Протоколы заправки газообразным водородом

Motor vehicles with hydrogen fuel cells, N1, N2 class. Hydrogen gas fueling protocols

Дата введения — 2024—05—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает протокол и технологические ограничения для заправки водородом транспортных средств с общим объемом хранения водорода, равным или превышающим 49,7 л. Эти технологические ограничения (включая температуру подачи водорода, максимальный расход водорода, скорость повышения давления и конечное значение давления) зависят от таких факторов, как температура окружающей среды, температура подачи водорода и начальное давление в системе хранения компримированного водорода транспортного средства.

Настоящий стандарт устанавливает стандартные протоколы заправки водородом либо на основе справочной таблицы, использующей фиксированную скорость изменения давления, либо на основе формулы, использующей динамическую скорость изменения давления, непрерывно рассчитываемую по всему объему заполнения. Оба протокола допускают заправку с помощью связи или без нее. Выполнение протокола на основе таблицы обеспечивает фиксированное целевое давление в конце заполнения, тогда как в процессе выполнения протокола на основе формулы непрерывно рассчитывается целевое давление в конце заполнения. Для заправки водородом с помощью связи настоящий стандарт следует использовать вместе с [1].

Важным фактором эффективности заправки водородом является охлаждающая способность заправочного оборудования станции и температура подачи водорода. Существует три категории температур подачи водорода, обозначаемые буквой «Т»: Т40, Т30 и Т20, где Т40 — самая низкая температура. В эталонных условиях настоящего стандарта целевое время заправки 3 мин и уровень заряда от 95 % до 100 % (со связью), что может быть достигнуто с заправочной колонкой с категорией Т40.

Однако при более высокой температуре подачи водорода (Т30 или Т20) и/или при высоких температурах окружающей среды время заправки может быть больше.

В таблице 1 показаны границы применения настоящего стандарта. Настоящий стандарт включает протоколы, которые применимы для двух классов давления (35 МПа и 70 МПа), трех категорий температуры подачи водорода (минус 40 °С, минус 30 °С, минус 20 °С) и размеров системы хранения компримированного водорода (классификация общего объема) от 49,7 до 248,6 л (Н35 означает 35 МПа и Н70 — 70 МПа), а также от 248,6 л и выше (только для Н70).

Приведенные протоколы заправки водородом были разработаны на основе ряда ключевых допущений, описанных в разделе 6 и приложении А. Эти допущения следует учитывать при разработке и внедрении бортовой системы хранения компримированного водорода. В частности, системы хранения водорода со свойствами, которые не соответствуют параметрам, указанным в таблице А.3, должны быть дополнительно оценены для подтверждения совместимости с приведенными протоколами. В приложении Б описаны алгоритмы подпрограмм заправки в виде блок-схем.

Издание официальное

Таблица 1 — Границы применения настоящего стандарта

<table>
<tr><td colspan="2">Обозначение класса давления</td><td colspan="3">H35</td><td colspan="3">H70</td></tr>
<tr><td colspan="2">Диапазон емкости СХКВ, л</td><td>< 49,7</td><td>От 49,7 до 248,6</td><td>> 248,6</td><td>< 49,7</td><td>От 49,7 до 248,6</td><td>> 248,6</td></tr>
<tr><td colspan="2">Диапазон емкости СХКВ, кг</td><td>< 1,19</td><td>От 1,19 до 5,97</td><td>> 5,97</td><td>< 2,0</td><td>От 2,0 до 10,0</td><td>> 10,0</td></tr>
<tr><td colspan="2">Категории емкости СХКВ (номенклатура)</td><td>TBD</td><td>A, B, C</td><td>D</td><td>TBD</td><td>A, B, C</td><td>D</td></tr>
<tr><td colspan="2">Максимальная скорость потока, г/с</td><td>≤ 60</td><td>≤ 60</td><td>≤ 60</td><td>≤ 60</td><td>≤ 60</td><td>≤ 60</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Категория температуры подачи водорода</td><td>T40</td><td rowspan="5">Не включено</td><td rowspan="5">Включено</td><td colspan="2" rowspan="5">Не включено</td><td colspan="2" rowspan="5">Включено</td></tr>
<tr><td>T30</td></tr>
<tr><td>T20</td></tr>
<tr><td>T10</td></tr>
<tr><td>Окружающая среда</td></tr>
</table>

Станции должны быть идентифицированы как соответствующие настоящему стандарту только после демонстрации критериев приемлемости (приложение В) в сочетании с испытательным оборудованием водородной станции. Рекомендуется, чтобы станции проверяли соответствие протокола перед заправкой транспортных средств.

Могут быть использованы другие нестандартные разработанные протоколы заправки водородом, которые отличаются от протоколов, указанных в настоящем стандарте, если поставщик заправочных станций имеет:

а) соглашение с производителем транспортного средства о том, что протокол подходит для конкретного ТС;

б) надежный метод идентификации конкретного транспортного средства используется при проектировании и эксплуатации станции.

2 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

2.1 **средняя скорость повышения давления:** Среднее повышение давления (МПа/мин) от начала заправки до конца заправки.

2.2 **система хранения компримированного водорода;** СХКВ: Система хранения сжатого водорода, которая состоит из баллонов (сосудов) под давлением, устройств сброса давления, запорных устройств и всех компонентов, фитингов и топливопроводов между баллонами (сосудами) и запорным устройством (устройствами), которые изолируют хранящийся водород от остальной части топливной системы и окружающей среды.

2.3 **емкость системы хранения компримированного водорода:** Общий объем воды СХКВ в литрах или общая масса водорода, хранящегося в СХКВ при номинальном рабочем давлении (при температуре 15 °С), эквивалентные 100 %-ной заполненности СХКВ.

2.4 **категории системы хранения компримированного водорода:** Обозначенный диапазон емкостей системы хранения компримированного водорода, заполняемых одинаковым образом согласно протоколу заправки.

2.5 **компоненты топливораздаточной колонки:** Любой компонент топливораздаточной колонки, участвующий в подаче предварительно охлажденного водорода в систему хранения компримированного водорода.

Примечание — В большинстве случаев это любой компонент после теплообменника до заправочной муфты включительно; например, разрывная муфта, шланг топливораздаточной колонки и заправочная муфта.

2.5.1 **оборудование для подачи водорода:** Оборудование, необходимое для обработки и доставки топлива от станции к системе хранения компримированного водорода с целью заправки автомобиля топливом.

2.5.2 **разъем:** Быстроразъемное соединение заправочного ниппеля и муфты, позволяющее быстро подсоединять и отсоединять заправочную муфту от ниппеля транспортного средства.

2.5.3 **заправочная муфта:** Устройство, подсоединенное к топливораздаточной системе, соединяемое с заправочным ниппелем водородного транспортного средства и позволяющее перекачивать топливо.

2.5.4 **заправочный ниппель:** Устройство на транспортном средстве, подключенное к системе хранения, служащее для соединения с заправочной муфтой при заправке транспортного средства.

2.5.5 **заправочный шланг:** Гибкий шланг в сборе, обеспечивающий транспортировку водорода между топливораздаточной колонкой и муфтой.

2.5.6 **разрывная муфта:** Устройство, позволяющее отделить шланг от топливораздаточной колонки при достаточном механическом воздействии.

Примечание — Как правило, шланг является единственным компонентом между муфтой и разрывной муфтой.

2.6 **заправка со связью и без связи**

2.6.1 **заправка со связью:** Заправка с установленным допустимым соединением для передачи данных.

2.6.2 **заправка без связи:** Заправка без действительного соединения для передачи данных от транспортного средства к заправочной колонке или с получением топливораздаточной колонкой нераспознаваемых или недействительных данных (или пригодных к использованию).

2.7 **категории протокола заправки топливом:** Протокол заправки станции, определяемый номинальным рабочим давлением транспортного средства и температурой подачи топлива на станцию.

Примечание — Категория обозначается буквой «Н», за которой следует значение номинального рабочего давления в МПа, дефис и буква «Т», за которой следует абсолютное значение категории температуры подачи топлива в градусах Цельсия. Например, Н70-Т40 — это категория станции для протокола заправки водородом с номинальным рабочим давлением 70 МПа и категорией температуры подачи топлива минус 40 °С.

2.8 **Время и стадии заправки**

На рисунке 1 проиллюстрированы определения терминов времени заправки для основного и общего времени заправки.

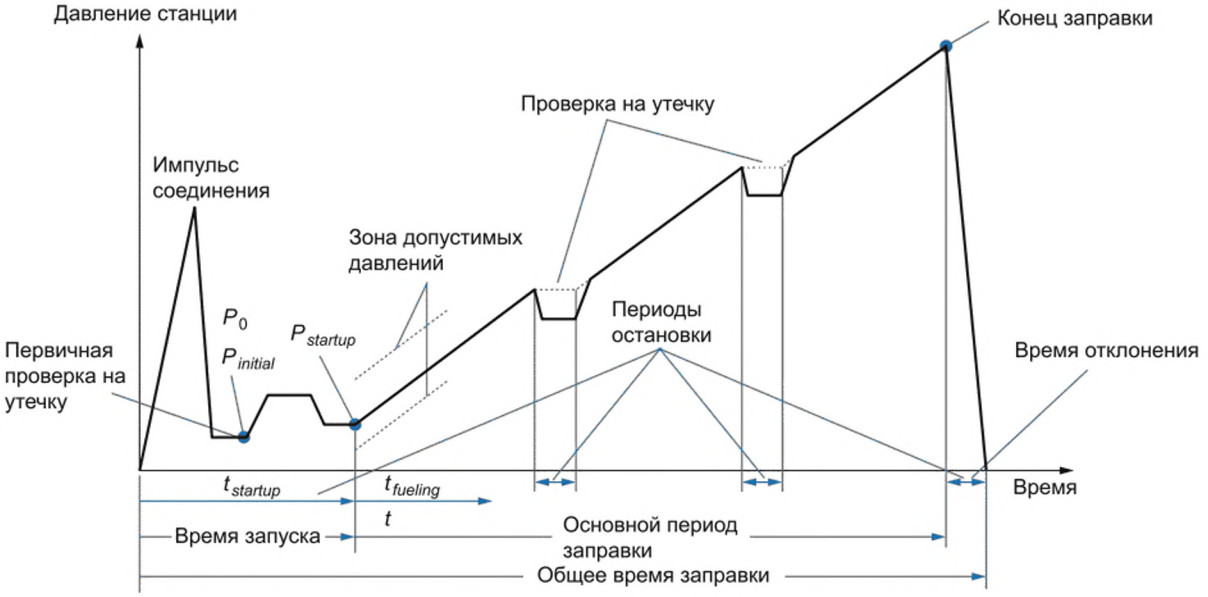


Рисунок 1 — Типичная временная диаграмма заправки водородом

2.8.1 **общее время заправки:** Общее количество времени между тем, когда пользователь инициирует заправку в заправочной колонке, и моментом, когда муфта может быть отсоединена.

Примечание — Оно включает в себя время запуска, основной период заправки и время отключения.

2.8.2 **период остановки заправки:** Отдельные периоды в течение общего времени заправки водородом, когда заправочное давление не повышается.

Примечание — Периоды остановки заправки включают в себя время запуска и остановки, а также любые запланированные перерывы в работе в течение основного времени заправки. Эти периоды не включают в себя остановку или приостановку подачи водорода из-за проблем с безопасностью, недостаточной производительности и т. д.

2.9 **импульс соединения:** Первая подача водорода со станции в систему хранения компримированного водорода после подключения муфты, при этом в СХКВ подается минимальное количество водорода, необходимое для открытия обратного клапана.

Примечание — Назначение импульса соединения — уравнять давление станции с давлением в систему хранения компримированного водорода в статических условиях, чтобы можно было измерить начальное давление.

2.9.1 **завершение заправки топливом:** Момент, когда станция прекращает заправку водородом по достижении целевого давления или 100 %-ной заполненности СХКВ.

2.9.2 **основное время заправки топливом:** Период заправки водородом между ее началом и ее окончанием.

Примечание — Установленная скорость линейного изменения и верхние и нижние допуски по давлению соблюдаются в течение основного времени заправки. Основное время заправки не включает время запуска и остановки, но может включать другие периоды остановки заправки.

2.9.3 **время выключения:** Период, который начинается по завершению основного периода заправки и заканчивается при отсоединении заправочной муфты.

2.9.4 **водородный наземный транспорт;** ВНТ: Любое наземное транспортное средство, которое хранит и использует водород в качестве топлива.

Примечание — Примером ВНТ является транспортное средство на водородных топливных элементах.

2.10 **Давление**

2.10.1 **давление системы хранения компримированного водорода транспортного средства:** Давление водорода внутри системы хранения компримированного водорода транспортного средства.

Примечание — Для ТС с несколькими баллонами предполагается, что все баллоны постоянно находятся под одинаковым давлением.

2.10.2 **давление станции** $P_{station}$: Давление водорода, подаваемого станцией в транспортное средство, измеренное вблизи места разрыва шланга.

2.10.3 **начальное давление** P_0 или $P_{initial}$: Давление в СХКВ, измеренное станцией сразу после импульса соединения во время запуска и при отсутствии расхода.

2.10.4 **пусковое давление** $P_{startup}$: Давление в СХКВ, измеренное станцией в конце времени запуска при отсутствии расхода.

2.10.5 **заданное давление** P_{target}: Давление станции, при котором протокол заправки водородом предписывает прекращение заправки.

2.10.6 **номинальное рабочее давление;** НРД: Манометрическое давление, которое характеризует штатную работу сосуда высокого давления или всей СХКВ транспортного средства.

Примечание — Для баллонов с компримированным водородом НРД представляет собой давление в сосуде транспортного средства, указанное производителем, при постоянной температуре водорода 15 °С и 100 %-ной заполненности.

2.10.7 **максимальное рабочее давление;** МРД: Максимальное манометрическое давление компонента или системы, ожидаемое при штатной работе, включая пуски, остановки и переходные процессы.

Примечание — Например МРД = 1,25·НРД.

2.10.8 **максимально допустимое рабочее давление;** МДРД: Максимальное манометрическое давление рабочей жидкости (газа или жидкости), на которое рассчитана единица технологического оборудования или системы с учетом инициирования управления неисправностями

Примечание — Например МДРД = 1,38·НРД.

2.10.9 **класс давления:** Класс, определяемый номинальным рабочим давлением протокола.

Примечание — Класс обозначают буквой «Н», за которой следует номинальное рабочее давление в МПа. Например, Н70 — это класс давления для протокола заправки водородом с НРД 70 МПа.

2.11 **состояние заряда:** Отношение действительной плотности водорода в системе хранения компримированного водорода к его плотности при номинальном рабочем давлении и стандартной температуре 15 °С.

Примечание — Состояние заряда SOC выражается в процентах и вычисляется на основе плотности водорода по формуле (1).

Точность уравнения определена до 200 МПа.

$$SOC = \frac{\rho(P,T)}{\rho(NWP, 15\ °C)} \cdot 100. \quad (1)$$

Плотности двух основных классов давления при 100 %-ном уровне заряда СХКВ составляют:

- плотность Н35 при 35 МПа и 15 °С равна 24,0 г/л;
- плотность Н70 при 70 МПа и 15 °С равна 40,2 г/л.

2.12 **состояние заряда транспортного средства:** Состояние заряда, рассчитанное на основе давления системы хранения компримированного водорода транспортного средства и температуры системы хранения компримированного водорода транспортного средства.

2.13 **состояние заряда станции:** Состояние заряда, рассчитанное на основе давления станции и температуры системы хранения компримированного водорода транспортного средства заправочной станции.

2.14 **обозначение станции:** Идентификатор станции, обозначающий класс давления и температурную категорию подачи водорода.

Примечание — Станция с классом давления НРД 70 МПа и температурной категорией подачи водорода Т40 обозначается как Н70-Т40.

2.15 **Температура**

2.15.1 **температура окружающей среды T_{amb}:** Температура воздуха на уровне земли, измеренная на заправочной колонке, не под прямыми солнечными лучами.

2.15.2 **средняя температура газа в системе хранения компримированного водорода транспортного средства T_{mc}:** Средняя температура водорода в системе хранения компримированного водорода транспортного средства.

Примечание — Если транспортное средство оснащено устройством измерения температуры для отправки сигнала о температуре на заправочную колонку во время заправки, то эта температура также принимается за среднюю температуру водорода в транспортном средстве. Из-за точности датчика производитель транспортного средства должен учитывать допуски измерения температуры и включать их в качестве критериев для прерывания и измеренных сигналов температуры.

2.15.3 **измеренная температура системы хранения компримированного водорода *MT*:** Измеренная температура водорода в системе хранения компримированного водорода транспортного средства.

2.15.4 **фактическая температура системы хранения компримированного водорода:** Температура системы хранения компримированного водорода после воздействия температуры выше или ниже температуры окружающей среды.

Примечание — Фактическая температура системы хранения компримированного водорода может отличаться от температуры окружающей среды. В приложении А на рисунке А.5 показан диапазон возможных фактических положительных и отрицательных отклонений температур СХКВ от температуры окружающей среды.

2.15.5 **температура подачи водорода T_{fuel}:** Температура водорода, подаваемого станцией в транспортное средство, измеренная на уровне разрывной муфты во время заправки.

Примечание — T_{fuel} является общим термином для температуры подачи водорода и может быть представлен мгновенной температурой подачи водорода $T_{fuel\text{-}inst}$ или среднемассовым значением температуры подачи водорода ($T_{fuel\text{-}ave}$ или $T_{fuel\text{-}ave\text{-}roll}$ для табличного протокола, MAT_0, MAT_{30} или MAT_C для протокола формулы МС).

2.15.6 **моментальная температура подачи топлива T_{fuel_inst}**: Мгновенная температура подачи водорода.

2.15.7 **общая среднемассовая температура подачи топлива $T_{fuel\text{-}ave}$**: Температура подачи водорода, средневзвешенная по массе, выданного станцией в течение основного времени заправки, после того как в общей сложности прошло 30 с массового расхода с начала основного времени заправки.

2.15.8 **скользящая среднемассовая температура подачи топлива $T_{fuel\text{-}ave\text{-}roll}$**: Температура подачи водорода, средневзвешенная по массе, средняя скользящая за 30-секундный период времени, начинающийся после того, как в общей сложности прошло 30 с массового расхода с начала основного времени заправки.

2.15.9 **среднемассовая температура подачи топлива MAT_0**: Температура подачи водорода, взвешенная по массе, выданного станцией с начала основного времени заправки.

Примечание — Используется только для протокола формулы МС.

2.15.10 **ожидаемая среднемассовая температура подачи топлива $MAT_{expected}$**: Ожидаемая температура подачи водорода в конце заправки, взвешенная по массе, выданной станцией с начала основного времени заправки (MAT_0).

Примечание — Используется только для протокола формулы МС, в течение первых 30 с массового расхода с начала основного времени заправки.

2.15.11 **среднемассовая температура подачи топлива за тридцать секунд MAT_{30}**: Температура подачи водорода, средневзвешенная по массе, выданной по истечении в общей сложности 30 с массового расхода с начала основного времени заправки.

Примечание — Используется только для протокола формулы МС.

2.15.12 **контрольная среднемассовая температура подачи топлива MAT_C**: Математическая комбинация $MAT_{expected}$, MAT_0 и MAT_{30}, которая используется в качестве управляющего входа для окончательного уравнения, которое определяет скорость изменения давления.

Примечание — Используется только для протокола формулы МС.

2.15.13 **категория температуры подачи топлива:** Категория, определяемая диапазоном допустимых температур водорода.

Примечание — Категория температуры подачи водорода обозначается буквой «Т», за которой следует температура подачи водородового водорода, представляющая категорию. Температурную категорию подачи водорода для диапазона температур от минус 40 °С до минус 33 °С обозначают Т40.

3 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

3.1 Обозначения

3.1.1 Обозначения переменных

$APRR_{actual}$ — интерполированное значение средней скорости изменения давления (МПа/мин);
$APRR_{target}$ — целевая средняя скорость изменения давления (МПа/мин);
$APRR_{sec}$ — заданная скорость изменения давления в начале основного времени заправки (МПа/с);
$APRR_{final}$ — скорость изменения давления (на основе температуры окружающей среды и P_0);
$m_{startup}$ — масса, выдаваемая во время запуска;
P_0 — начальный уровень давления СХКВ перед заправкой водородом;
P_{target} — целевое давление водорода;
$P_{station}$ — давление водорода, измеренное станцией;
$P_{startup}$ — начальное давление;
$P_{vehicle}$ — давление СХКВ;
$t_{fueling}$ — время основной заправки;
t_{end} — время выключения;

$t_{startup}$ — время запуска;

$T_{vehicle}$ — данные о температуре СХКВ, полученные станцией от автомобиля во время заправки связи;

T_{fuel} — температура подачи водорода;

T_{fuel_inst} — мгновенная температура подачи водорода;

$T_{fuel\text{-}ave}$ — общее среднемассовое значение температуры подачи водорода после 30-секундного расхода массы в течение основного времени заправки;

$T_{fuel\text{-}ave\text{-}roll}$ — 30-секундная средняя массовая температура подачи водорода после общего 30-секундного массового расхода в течение основного времени заправки водородом;

T_{amb} — температура окружающей среды, измеренная на заправочной станции, не под прямыми солнечными лучами;

$SOC_{station}$ — состояние заряда, рассчитанное с использованием $P_{station}$ и MT;

$SOC_{vehicle}$ — состояние заряда, рассчитанное с использованием $P_{vehicle}$ и MT;

$V_{схкв}$ — объем СХКВ, измеренный или иным образом определенный станцией;

$V_{station_D}$ — значение объема станции;

$\rho(P,T)$ — плотность водорода, функция давления P и температуры T.

3.1.2 Переменные протокола формулы МС

a, b, c, d — коэффициенты, используемые в итоговом уравнении;

AC, BC, GC, KC, JC — константы, используемые в уравнении МС;

c_{v_cold} — удельная теплоемкость водорода при постоянном объеме;

CD — необязательная переменная флага, которая, если она истинна, указывает, что критерии «холодного ТРК» соблюдены;

$CHSS_{Capacity_Category}$ — индикатор категории емкости СХКВ;

h — энтальпия, измеренная на выходе из ТРК;

h_{ave} — среднемассовая энтальпия на выходе ТРК, рассчитанная от начала основного времени заправки;

i — счетчик шагов времени расчета, который увеличивается каждые 5 с;

$Indicator\ Cons\ RR$ — переменная-флажок, значение которой TRUE указывает на то, что категория емкости СХКВ не определена;

j — счетчик шагов времени расчета, который увеличивается каждую секунду;

m — суммарная масса, выданная с начала времени основной заправки до текущего времени;

$\dot{m}$ — массовый расход отпускаемого водорода;

m_{init_cold} — начальная масса холодного контейнера в 1-килограммовом сосуде типа III, используемом в опции конечного контроля давления по методу МС;

m_{final_cold} — масса, соответствующая 100 %-ной заполненности 1-килограммового баллона типа III, используемого в опции контроля конечного давления по методу МС;

m_{add} — масса водорода, которую необходимо добавить к исходной массе в случае холодной заправки, чтобы получить m_{final_cold};

$m_{startup}$ — масса, выдаваемая во время запуска;

$MAT_{expected}$ — ожидаемое среднемассовое значение температуры подачи водорода в конце заполнения;

MAT_0 — среднемассовое значение T_{fuel_inst}, рассчитанное с начала основного времени заправки водородом;

MAT_{30} — среднемассовое значение T_{fuel_inst}, рассчитанное после того, как прошло 30 с массового расхода;

MAT_C — математическая комбинация ожидаемого MAT, MAT_{30} и MAT_0, используемая в качестве управляющего входа для окончательного уравнения;

MC_{cold} — дискретная теплоемкость холодной СХКВ;

MT — измеренная температура СХКВ, передается через *IrDA* в соответствии с [1];

MP — измеренное давление СХКВ, передается через *IrDA* в соответствии с [1];

n — счетчик, который работает с той же частотой, что и счетчик временных шагов j, но только при наличии массового расхода;

$P_{control}$ — давление на выходе колонки, на которое ориентируется система управления колонкой во время заполнения;

P_{final} — конечное давление, используемое при выводе коэффициентов t_{final} уравнения;

$P_{initial}$ — начальное давление водорода в СХКВ;

P_{limit_comm} — верхний предел давления для коммуникационных заполнений для обеспечения защиты от сбоя в MT;

P_{limit_high} — верхняя граница коридора давления, в пределах которого должна оставаться $P_{station}$;

P_{limit_low} — нижняя граница коридора давления, в пределах которого должна оставаться $P_{station}$;

ΔP_{low} — вход в уравнение для β; он заменяет ΔP_{tol_low} в уравнении β, чтобы уменьшить избыточный запас;

$P_{\min}$ — начальное давление, используемое при выводе коэффициентов уравнения t_{final};

ΔP_{offset} — давление смещения, добавляемое к P_{ramp} для определения управляющего давления $P_{control}$;

P_{amp} — давление, на котором основан PRR; используется для определения P_{limit_high}, P_{limit_low} и $P_{control}$;

$P_{station}$ — давление водорода, измеренное станцией на выходе ТРК;

$P_{startup}$ — начальное давление;

$P_{target_non_comm}$ — целевое давление в конце заполнения для заполнения без связи;

P_{target_comm} — целевое давление в конце наполнения для коммуникационных наполнителей;

ΔP_{tol_high} — дельта давления, добавляемая к P_{ramp} для определения P_{limit_high}; также используется при расчете β;

ΔP_{tol_low} — дельта давления, вычитаемая из P_{ramp} для определения P_{limit_low}; также используется при расчете β;

P_{trans} — параметр, определяющий вес MAT_0 и MAT_{30} в уравнении MAT_C;

PRR — скорость изменения давления;

PRR_{CAP} — крышка на PRR для ограничения максимальной скорости потока и предотвращения слишком большого значения α;

PRR_{CAP_Factor} — коэффициент, используемый в уравнении для расчета PRR_{CAP};

$RR_{\max}$ — максимальная расчетная скорость линейного изменения давления на всем протяжении заполнения;

$RR_{\min}$ — минимальная расчетная скорость линейного изменения давления на всем протяжении заполнения;

SOC_{target} — целевое значение уровня заряда СХКВ, используемое при вычислении P_{target_comm}; выражается в процентах;

t — время заправки, представляющее общее время, прошедшее с момента начала основного времени заправки, включая периоды остановки заправки;

t_{final} — время, необходимое для заполнения от $P_{\min}$ до P_{final} в «горячих» условиях; вход в уравнение PRR;

t_{final_min} — минимальное значение для t_{final};

$t_{final_min_A}$ — минимальное значение t_{final} для $CHSS_{Capacity_Category}$ A;

$t_{final_min_B}$ — минимальное значение t_{final} для $CHSS_{Capacity_Category}$ B;

$t_{final_min_C}$ — минимальное значение t_{final} для $CHSS_{Capacity_Category}$ C;

$t_{final_min_cons}$ — минимальное значение для t_{final}, когда $CHSS_{Capacity_Category}$ не определено;

t_{min_cold} — параметр, используемый в уравнении МС, представляющий прошедшее время, после которого рассчитывается Δt_{cold};

$t_{startup}$ — время запуска, с;

Δt_{cold} — разница между временем заправки t и t_{min_cold};

t_{tol_low} — время, в которое измеряется ΔP_{low}, чтобы определить, меньше ли $P_{station}$, чем P_{ramp};

$T_{adiabatic_cold}$ — адиабатическая температура холодного случая, используемая в методе МС в расчетах конечного варианта регулирования давления;

T_{amb} — температура окружающей среды, измеренная на заправочной станции, не под прямыми солнечными лучами;

T_{cold} — опция контроля конечного давления по методу МС;

T_{fit_1}, T_{fit_2} — уравнения регрессии, используемые для расчета T_{init_cold};

T_{fuel} — температура подачи водорода;

T_{fuel_inst} — мгновенная температура подачи водорода, измеренная на выходе из ТРК;

$T_{fuel_inst_A}$, $T_{fuel_inst_B}$ — два независимых измерения мгновенной температуры подачи водорода для резервирования;

T_{init_cold} — начальная температура водорода в холодном СХКВ;

TopOff — переменная-флажок, которая при значении TRUE ограничивает *PRR* на уровне 0,33 МПа/с, чтобы уменьшить падение давления;

$u_{adiabatic_cold}$ — вариант контроля конечного давления по методу МС в холодном случае, адиабатическая удельная внутренняя энергия;

u_{init_cold} — вариант контроля конечного давления метода МС в холодном случае, начальная удельная внутренняя энергия;

V_{CHSS} — объем СХКВ, измеренный или иным образом определенный станцией;

$V_{\mathbf{cold}}$ — объем сосуда типа III вместимостью 1 кг;

ρ_{init_cold} — начальная плотность конечного давления в холодном случае, рассчитанная на основе $P_{initial}$ и T_{init_cold};

α — параметр, который умножается на t_{final} для компенсации нелинейности *PRR* во время заполнения;

β — параметр, который умножается на t_{final}, чтобы обеспечить допуск по давлению, т. е. коридор давления.

3.2 Сокращения

ТС — транспортное средство;

КСД — клапан сброса давления;

ТРК — топливораздаточная колонка;

DC — холодная ТРК (обозначение набора условий и допущений при предварительно охлажденной ТРК);

IrDA — ассоциация инфракрасных данных.

4 Общее описание протокола заправки водородом

4.1 Протокол заправки водородом разработан для водородных наземных ТС с емкостью СХКВ от 49,7 до 248,6 л (H35 и H70) и более 248,6 л (только H70) и максимальным расходом 60 г/с. Предполагается, что станция будет выполнять заправку из своего хранилища высокого давления в ТС после успешного подключения ТС и завершения первоначальных проверок. Автозаправочная станция контролирует процесс заправки в пределах рабочих границ:

- температура окружающей среды;
- класс давления ТРК и температура подачи водорода;
- размер СХКВ, форма, свойства материала, начальная температура и давление;
- перепад давления и теплопередача между ТРК и ТС.

Типичный профиль заправки показан на рисунке 2. Время запуска начинается, когда муфта подсоединяется к заправочному ниппелю ТС, и включает в себя импульс давления соединения. Во время пуска станция измеряет начальное давление в СХКВ и категорию емкости СХКВ, а также может проверять наличие утечек. Основной период заправки начинается, когда водород начинает поступать в ТС. В этот период повышается давление и температура СХКВ. Протокол заправки должен быть разработан таким образом, чтобы температура СХКВ не превышала максимальную рабочую температуру на протяжении всего времени заправки. Завершающим этапом является отключение, начинающееся непосредственно после прекращения подачи водорода и заканчивается, когда муфта может быть отсоединена.

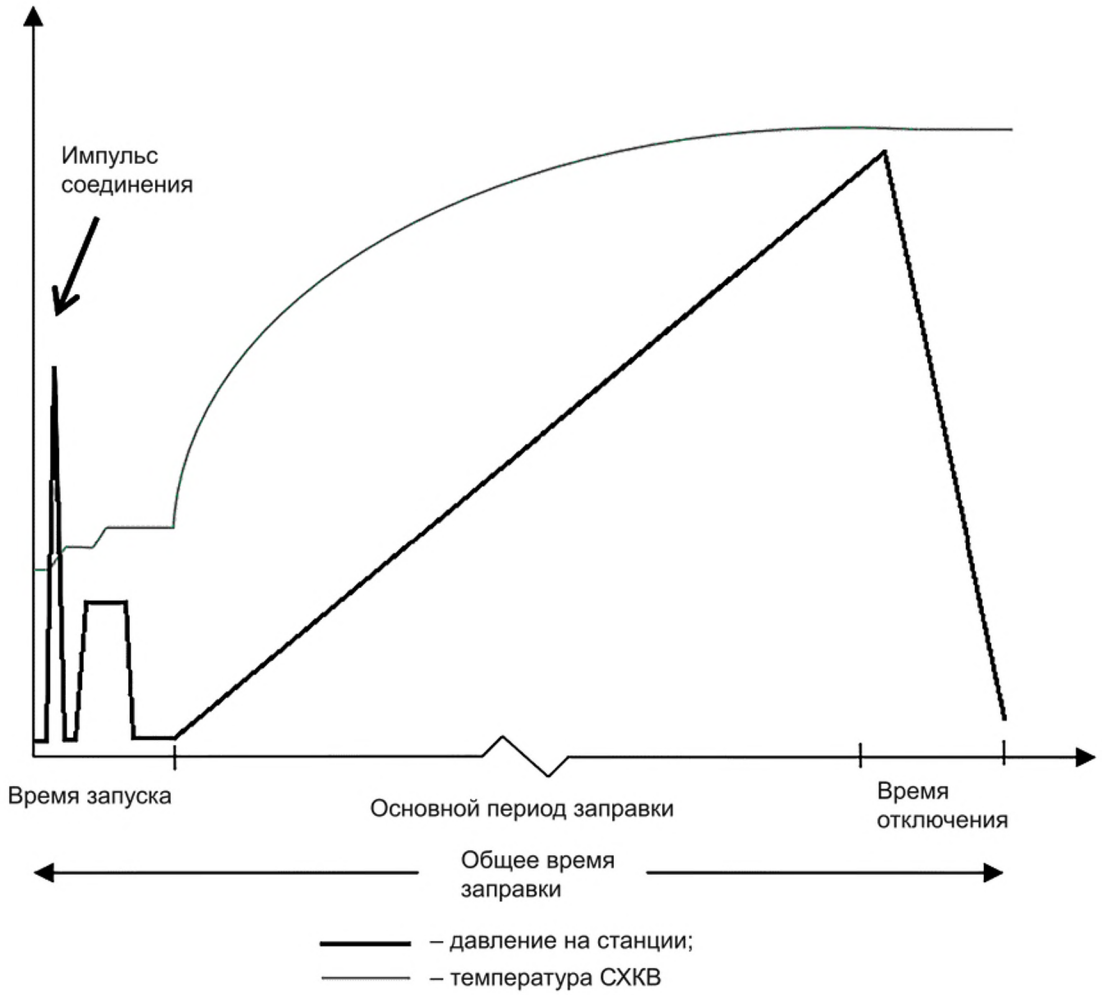


Рисунок 2 — Характерный профиль температуры и давления СХКВ ТС во время заправки

Эксплуатационные задачи

Выполнение протоколов заправки, описанных в настоящем стандарте, обеспечивает максимальную производительность заправки водородом, не выходя при этом за технологические пределы. Целевое состояние заряда при заправке со связью составляет от 95 % до 100 % заполнения при любых условиях.

Время заправки может варьироваться в зависимости от температуры окружающей среды, начального давления в СХКВ, размера СХКВ, целевого уровня заряда и других факторов. Для установления целевых значений времени в настоящем стандарте предусмотрены следующие условия заправки:

- таблицы связи заправки;
- категория ТРК H70—T40;
- температура окружающей среды 20 °C;
- начальное давление СХКВ 10 МПа;
- целевой уровень заряда 95 %.

В этих условиях цель протоколов заправки настоящего стандарта состоит в том, чтобы основное время заправки составляло не более 3 мин.

4.2 Нормальные рабочие границы

Протоколы заправки, описанные в настоящем стандарте, предназначены для обеспечения того, чтобы водород в СХКВ не выходил за нормальные рабочие границы, которые определяются технологическими требованиями, перечисленными в разделе 5. Эти ограничения включают максимальную температуру СХКВ и МРД.

Для Н70 СХКВ эти пределы температуры и давления составляют от минус 40 °С до плюс 85 °С и от 0,5 до 87,5 МПа соответственно. На рисунке 3 показаны границы для заправки Н70. Максимальные температуры водорода СХКВ и МРД являются фиксированными пределами в правой (перегрев) и верхней (избыточное давление) частях графика. Максимальная плотность (100 %-ное заполнение) обеспечивает дополнительную границу.

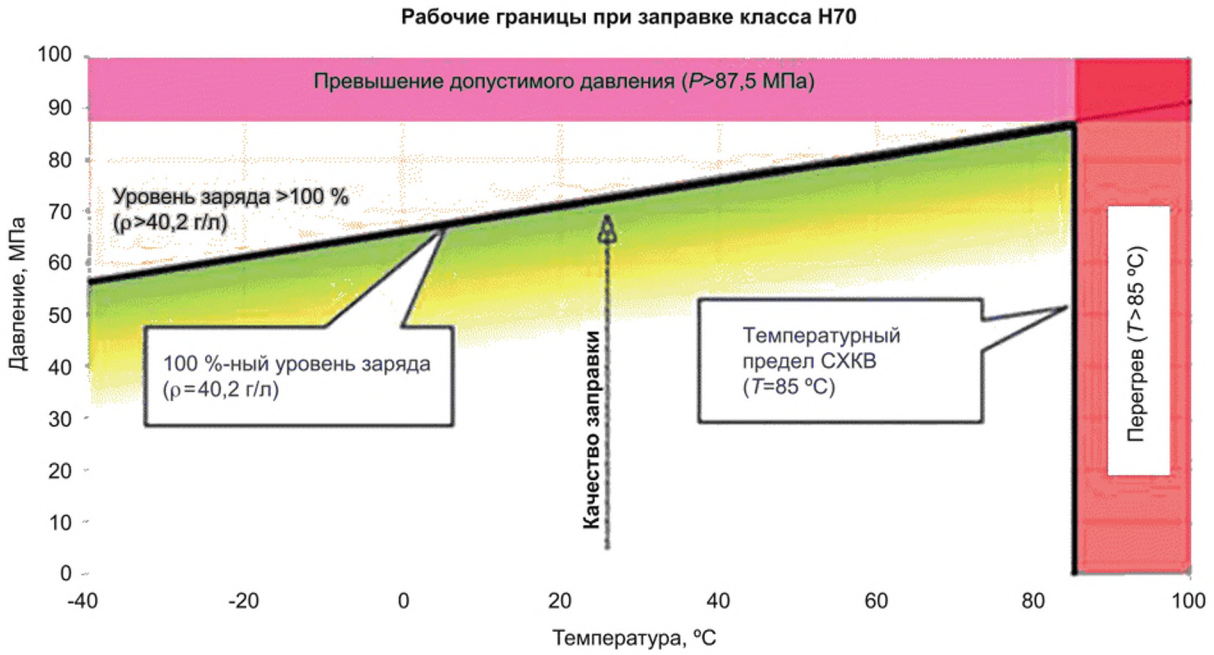


Рисунок 3 — Нормальные граничные условия Н70

Чтобы сохранить СХКВ в пределах своих рабочих границ (см. рисунок 3), станция должна регулировать поток водорода в зависимости от полного набора начальных условий. Например, если ТС заправляется водородом в жаркий день, начальная температура СХКВ может быть выше, поэтому станция должна заправляться медленнее, чтобы температура СХКВ не превышала максимальную рабочую температуру СХКВ ТС.

4.3 Стандартный протокол

Стандартный протокол определяют как протокол, который:

- соответствует общему описанию протокола заправки водородом, приведенному в разделе 4;
- соответствует общим требованиям к процессу, изложенным в разделе 5;
- учитывает как допущения станции, так и СХКВ ТС, определенные в разделе 6 и приложении А;
- способен поддерживать СХКВ в пределах допустимых пределов эксплуатации при всех возможных условиях с помощью компьютерного моделирования и стендовых испытаний;
- был протестирован и подтвержден в полевых условиях на реальных водородных станциях.

Протокол на основе таблиц, приведенный в разделе 7 (стандартные таблицы в приложении Г, таблицы для предварительно охлажденной ТРК в приложении Д), и протокол на основе формул МС, приведенный в разделе 8, соответствуют определению стандартного протокола.

Рекомендуется, чтобы стандартные протоколы и любые нестандартные протоколы не применялись на одной и той же станции, чтобы свести к минимуму риск перегрева СХКВ при последующей заправке.

5 Общие технологические требования для заправки водородом

5.1 Раздел содержит общие требования к процессу заправки водородом и не содержит требований к ТРК и станции. Каждый протокол заправки может иметь дополнительные требования и ограничения процесса, которые содержатся в разделах 7 и 8. Требования, приведенные в настоящем стандарте, являются минимальными требованиями. Производители могут принять дополнительные меры предосторожности.

Ограничения по части СХКВ

Настоящий стандарт распространяется на заправку ВНТ с емкостью СХКВ от 49,7 до 248,6 л (1,2—6,0 кг) для Н35 (35 МПа) и от 49,7 до 248,6 Л (от 2 до 10 кг) и более 248,6 л (>10 кг) для Н70 (70 МПа). В таблицах 4 и 8 приведена разбивка по категориям хранения.

5.2 Технологические требования к измерениям и датчикам

5.2.1 Размещение

5.2.1.1 Давление на станции и температура подачи водорода

Датчики, измеряющие давление и температуру подачи водорода, должны располагаться по ходу потока перед и как можно ближе к разрывной муфте. Расстояние между датчиком и разрывной муфтой не должно превышать 1 м.

5.2.1.2 Температура окружающей среды

Датчик, используемый для измерения температуры окружающей среды, должен быть защищен от условий окружающей среды, которые могут повлиять на его точность.

5.2.2 Точность

Давление на станции, температура подачи водорода и температура окружающей среды должны измеряться с учетом точности датчиков, чтобы гарантировать, что общие требования к процессу, изложенные в разделе 5, а также требования к процессу, предусмотренные в разделах 7 и 8, не нарушены.

5.2.3 Частота

Давление на станции должно регистрироваться с частотой, обеспечивающей соблюдение общих технологических требований, изложенных в разделе 6, а также возможность проверки параметров производительности станции.

5.2.4 Надежность

Поскольку измерения давления на станции, температуры подачи водорода и температуры окружающей среды являются неотъемлемыми факторами обеспечения безопасности на заправочной станции, производитель ТРК должен предусмотреть средства для обеспечения их надежности (например, дублирование средств измерения).

5.3 Требования к температуре

5.3.1 Температура подачи водорода

Температура мгновенной подачи водорода T_{fuel_inst} всегда должна быть больше или равна минус 40 °С. Станция должна прекратить заправку ТС как можно быстрее, но в течение 5 с, если температура водорода ниже минус 40 °С.

Хотя верхний предел мгновенной температуры подачи водорода не предусмотрен в качестве технологического требования, стандартные протоколы разработаны на основе предположения, что температуры компонентов станции равны температуре окружающей среды (см. А.3.3 приложения А). Температура компонентов станции не должна превышать температуру окружающей среды (это может быть достигнуто, например, с помощью защиты от нагрева от солнечного света).

5.3.2 Температура водорода в СХКВ транспортного средства

Станция не должна заправляться водородом либо должна прекратить заправку ТС как можно быстрее, но в пределах 5 с, если температура водорода в СХКВ превышает 85 °С.

5.4 Требования к давлению

5.4.1 Начальное давление

Начальное давление должно использоваться как P_0 при применении протокола, основанного на таблице, и $P_{initial}$ при применении протокола, основанного на формуле МС. Если начальное давление составляет менее 0,5 МПа или превышает номинальное рабочее давление класса давления (35 МПа или 70 МПа), то станция должна завершить процедуру заправки как можно быстрее, но в пределах 5 с.

5.4.2 Рабочее давление

В случае заправки водородом со связью, станция не должна осуществлять заправку или должна прекратить ее как можно быстрее, но в пределах 5 с, если давление СХКВ превышает или равно 125 % НРД.

5.5 Другие требования к процессу

5.5.1 Состояние заряда

При заправке водородом со связью станция должна прекратить заправку как можно скорее, но в течение 5 с, если состояние заряда превышает или равно 100 %. Станция может использовать $SOC_{vehicle}$ или $SOC_{station}$ на основе актуального метода заправки на ТРК. Для выполнения этого требования может быть использовано уравнение (1) из 3.12 или эквивалентные методы.

5.5.2 Расход

Протоколы заправки должны быть разработаны таким образом, чтобы максимальная скорость потока не превышала 60 г/с. Станция должна прекратить заправку как можно быстрее, но в пределах 5 с, если измеренный максимальный расход водорода превышает 60 г/с.

5.5.3 Время запуска

5.5.3.1 Максимальная масса водорода при запуске

Общая масса водорода, передаваемого ТС во время запуска, должна составлять менее 200 г.

5.5.4 Допуски

Станционные ТРК должны учитывать соответствующие допуски в своей методологии реализации протокола, чтобы обеспечить безопасное и точное выполнение заправки. ТС, которые связываются со станцией, должны учитывать соответствующие допуски для своих сигналов.

6 Основные допущения моделирования

6.1 Табличный протокол заправки был разработан на основе результата моделирования термодинамических процессов заправки и с использованием допущений, учитывающих реальный опыт водородных заправочных станций и производителей ТС. Данный раздел и приложение А (таблицы А.2 и А.3) содержат эти допущения. Если параметры ТС выходят за эти рамки (см. приложение А), то СХКВ следует проверить в соответствии со стандартными протоколами (и нестандартными протоколами, если они применимы), чтобы убедиться, что рабочие границы СХКВ при заправке не нарушаются и нет никаких проблем, в том числе с производительностью.

Исходные условия

При разработке настоящих протоколов расчет общего максимального перепада давления между разрывной муфтой и СХКВ (см. приложение А) проводится при принятых следующих условиях: давление в СХКВ 10 МПа, температура водорода в разрывной муфте минус 15 °С.

6.2 Допущения по части транспортных средств и ТРК

Начальный перепад давления в ТС принимают равным 20 МПа от заправочного ниппеля до СХКВ, а начальный перепад давления в ТРК станции составляет 15 МПа от разрывной муфты до выходного отверстия заправочной муфты (суммарный общий перепад давления 35 МПа) при массовом расходе, в 1,5 раза превышающем средний массовый расход, необходимый для заправки всей емкости за 3 мин (например, для емкости 5 кг: массовый расход равен 5000 г/180 с · 1,5 = 41,67 г/с).

7 Протокол заправки на основе таблиц

7.1 Общие требования к процессу заправки водородом

Протокол заправки на основе таблиц учитывает температуру подачи водорода на ТРК, температуру окружающей среды, категорию емкости СХКВ и начальное давление СХКВ для выбора соответствующих параметров заправки. Моделирование используют для разработки серии таблиц поиска параметров, которые оптимизируют процесс заправки, обеспечивая при этом постоянное выполнение требований раздела 5 к процессу. Основные допущения моделирования представлены в разделе 6, а подробная информация приведена в приложении А.

Станция выбирает правильную таблицу поиска на основе температуры подачи водорода, категории емкости СХКВ и отсутствия или наличия сигнала связи от ТС (характеристики температуры подачи водорода к ТРК приведены в приложении Е). После выбора соответствующей таблицы станция определяет конкретные параметры заправки, такие как средняя скорость изменения давления и целевое давление, на основе температуры окружающей среды и начального давления СХКВ. Подробные инструкции по использованию таблиц приведены в приложении Ж.

Для ТС без связи станция будет заправляться водородом на основе табличного значения средней скорости изменения давления до тех пор, пока не будет достигнуто заданное в таблице целевое давление. Для ТС со связью будет применяться та же средняя скорость изменения давления. Станция может использовать данные ТС, включая сообщенную температуру СХКВ, для расчета текущего состояния заряда, чтобы осуществить заправку до значения давления, соответствующего от 95 % до 100 % состояния заряда СХКВ. Тем не менее, целевое давление в таблицах заправки связи имеет приоритет над расчетом состояния заряда, чтобы гарантировать, что СХКВ остается в пределах своих рабочих границ.

В таблице 2 приведен пример таблицы заправки, а полный набор стандартных таблиц заправки приведен в приложении Г. Для любой заданной температуры подачи водорода на станцию, температуры окружающей среды и категории емкости СХКВ в таблицах поиска указаны одинаковые значения средней скорости изменения давления как для заправки в рамках категории H35, так и категории H70 (для одного и того же объема СХКВ); различаются только конечные целевые давления. Это сделано для устранения перегрева, если ТС с категорией СХКВ H70 сначала заправляется водородом в ТРК категории H35, а затем немедленно заправляется водородом H70.

Табличный протокол заправки также содержит метод «долива» для увеличения конечного состояния заряда СХКВ, если начальное давление ниже 5 МПа.

Существуют дополнительные таблицы «холодных заправок», которые могут сократить время заправки (более высокая средняя скорость изменения давления) и могут быть реализованы на станциях с высокой интенсивностью использования (частые, следующие друг за другом заправки). Их может применять только станция, отвечающая соответствующим критериям для холодных заправок (см. 7.12).

Станции, использующие табличный протокол, должны соответствовать всем требованиям раздела 5.

Таблица 2 — Образец табличного протокола заправки для категории емкости СХКВ B/H70-T40 со связью

H70-T40: Категория емкости B, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление при доливе, МПа	*APRR* при доливе, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			начальное давление в баллоне P_0, МПа														
			0,5—5 (без интерполяции)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	5,1	78,2	87,5	2,6	87,5	87,5	80,8	85,7	86,8	86,5	85,8	85,0	84,0	82,7	81,1	Нет заправки
	45	8,1	76,3	87,5	4,0	87,5	87,5	81,1	86,9	86,6	86,2	85,3	84,3	83,0	81,6	79,7	Нет заправки
	40	11,5	73,2	87,5	5,4	87,5	87,5	81,1	86,9	86,4	85,9	84,7	83,5	82,0	80,3	78,3	Нет заправки
	35	12,4	72,9	87,5	5,6	87,5	87,5	81,2	86,9	86,4	85,9	84,7	83,4	81,9	80,2	78,2	Нет заправки
	30	15,3	70,6	87,5	6,6	87,5	87,5	81,0	86,8	86,3	85,6	84,3	82,8	81,2	79,4	77,2	Нет заправки
	25	18,5	69,0	87,4	7,2	87,4	87,4	81,0	86,8	86,1	85,4	83,8	82,2	80,4	78,5	76,1	Нет заправки
	20	21,8	67,9	87,4	7,6	87,4	87,4	81,2	86,8	85,9	85,1	83,3	81,5	79,6	77,5	75,1	Нет заправки
	10	28,0	66,3	87,4	9,0	87,4	87,4	81,2	86,8	85,7	84,7	82,6	80,5	78,3	76,1	73,4	Нет заправки
	0	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	78,4	84,6	86,8	85,6	84,4	83,1	80,6	78,1	75,6	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	82,2	87,1	86,4	85,2	84,0	82,8	80,4	77,9	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,0	86,8	86,1	84,9	83,7	82,4	80,0	77,6	75,1	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,8	86,5	85,7	84,5	83,3	82,1	79,6	77,2	74,9	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,5	86,2	85,4	84,2	83,0	81,8	79,3	77,0	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Заправка запрещена	Заправка запрещена	Заправка запрещена	Заправка запрещена	Заправка запрещена	Заправка запрещена	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

7.1.1 Категории станций

В таблице 3 приведены категории температур подачи водорода по классам давления для табличного протокола заправки. Категория станции определяется классом давления и температуры водорода, под которыми она его может подавать. Например, температурная категория подачи водорода для диапазона от минус 40 °С до минус 33 °С обозначается как Т40. Существует три категории температур подачи водорода, обозначаемые Т40, Т30 или Т20. Для категории емкости СХКВ D (см. 7.2) категории температуры подачи водорода обозначаются Т40D, Т30D или Т20D и обычно имеют более широкий рабочий диапазон температур подачи водорода.

На станции могут присутствовать одновременно несколько классов давления и температуры подачи водорода для разных ТРК, однако рекомендуется присутствие единой категории для всех ТРК (см. А.3.9). ТРК не может заправлять транспортное средство более низкого класса давления.

Таблица 3 — Категории температуры подачи водорода по классам давления

Категория температуры подачи водорода		$-40\ °C \le T_{fuel} \le -33\ °C$	$-33\ °C < T_{fuel} \le -26\ °C$	$-26\ °C < T_{fuel} \le -17{,}5\ °C$	$-40\ °C \le T_{fuel} \le -26\ °C$	$-40\ °C \le T_{fuel} \le -17{,}5\ °C$
Итоговая категория станции	НРД 35 МПа	H35-T40	H35-T30	H35-T20	Не применяется	Не применяется
	НРД 70 МПа	H70-T40/ H70-T40D	H70-T30	H70-T20	H70-T30D	H70-T20D

7.1.2 Температура подачи водорода

7.1.2.1 В этом разделе приведены требования к температуре подачи водорода для табличного протокола заправки. Общие требования к температуре указаны в 5.3.

Требования к охлаждению линии подачи водорода

Мгновенная температура подачи водорода T_{fuel_inst} должна соответствовать диапазону температур подачи водорода, указанному в таблице 3 для его назначенной категории, по истечении в общей сложности 30 с массового расхода с начала основного времени заправки водородом. Если в течение последних 10 с этого 30-секундного периода имеет место преднамеренный период остановки заправки, в общей сложности допускается 40-секундный массовый расход. Если станция не может выполнить это требование, она должна выполнить одно из следующих действий:

- выполнить процедуру понижения температуры подачи водорода, указанную в 7.10 (если применимо);
- пауза (отсутствие потока) минимум на 60 с перед возобновлением заполнения, при этом основное время заправки водородом $t_{fueling}$ установлено на ноль, а $P_{startup}$ установлено на последнюю величину давления станции до возобновления заполнения;
- прекратить заправку как можно скорее, но в пределах 5 с.

Примечания

1 Изготовитель ТРК должен внедрить метод отслеживания скорости изменения мгновенной температуры подачи водорода T_{fuel_inst}, чтобы убедиться, что она снижается с ожидаемой скоростью. Таким образом, раздаточная колонка сможет обнаружить неисправность раньше, чем при ожидании истечения полных 30 с массового расхода.

2 В зависимости от конструкции ТРК и системы охлаждения могут возникнуть условия, при которых невозможно обеспечить достижение температуры подачи водорода верхней границы периода предварительного охлаждения в течение 30 с. Усугубляющими факторами являются высокие температуры окружающей среды и небольшие объемы СХКВ.

7.1.2.2 Допуски по температуре подачи водорода

Для любой категории подачи водорода по истечении в общей сложности 30 с массового расхода с начала основного времени заправки водородом (за исключением случаев, когда в течение последних 10 с этого 30-секундного периода происходит преднамеренный период остановки заправки, тогда в общей сложности 40 с массового расхода) температура подачи водорода должна поддерживаться в соответствующем диапазоне температур, указанном в таблице 3, при соблюдении требований 7.1.2.2а), 7.1.2.2б) или 7.1.2.2в). Если станция не может удерживать температуру подачи водорода в пределах этих диапазонов температур подачи водорода, то она должна выполнить резервную процедуру, описанную в 7.10 (если применимо), или прекратить заправку как можно скорее, но в течение 5 с.

Станция может использовать любой из трех методов измерения температуры, перечисленных в 7.1.2.2а) — 8.1.2.2в), для контроля температуры подачи водорода в течение всей заправки.

а) Мгновенная температура подачи водорода

По истечении 30 с массового расхода с начала основного времени заправки водородом (за исключением случаев с периодом преднамеренной остановки заправки в течение последних 10 с этого 30-секундного периода, когда время общего массового расхода составляет 40 с), мгновенная температура подачи водорода T_{fuel_inst} должна находиться в пределах диапазона соответствующей температурной категории, указанной в таблице 3, за исключением 10 с после преднамеренного периода остановки заправки.

б) Суммарная среднемассовая температура подачи водорода

$T_{fuel\text{-}ave}$ определяют, как общее среднее по массе T_{fuel_inst}, начиная с момента, когда в общей сложности прошло 30 с массового расхода с начала основного времени заправки, и вычисляют по формуле

$$T_{fuel\text{-}ave(i)} = \frac{\sum_{30}^{i}\left[\left(m_{(i)} - m_{(i-1)}\right)\cdot 0{,}5\left(T_{fuel_inst(i)} + T_{fuel_inst(i-1)}\right)\right]}{\sum_{30}^{i}\left(m_{(i)} - m_{(i-1)}\right)}. \quad (2)$$

При $i > 30$, где i — одиночный расчетный цикл длительностью 1 с.

По истечении в общей сложности 30 с массового расхода с начала основного времени заправки водородом (за исключением случаев, когда в течение последних 10 с этого 30-секундного периода происходит период преднамеренной остановки заправки, тогда общий массовый расход составляет 40 с), $T_{fuel\text{-}ave}$ должна оставаться в пределах диапазона, указанного в таблице 3, в любое время, когда массовый расход превышает 0,6 г/с в течение более 10 с. Дополнительным требованием является то, чтобы $(T_{fuel_inst} - T_{fuel\text{-}ave}) < 10$ °C в любое время, когда массовый расход превышает 0,6 г/с в течение более 10 с. Это значение массового расхода составляет 1 % от максимального массового расхода, описанного в 5.5.2 (т. е. 0,01·60 г/с = 0,6 г/с).

в) Среднее скользящее температуры подачи водорода по массе $T_{fuel\text{-}ave\text{-}roll}$ определяют, как 30-секундное среднее скользящее массовое значение T_{fuel_inst}, начинающееся после того, как в общей сложности прошло 30 с массового расхода с начала основного времени заправки и вычисляют по формуле

$$T_{fuel\text{-}ave\text{-}roll(i)} = \frac{\sum_{30}^{i}\left[\left(m_{(i)} - m_{(i-1)}\right)\cdot 0{,}5\left(T_{fuel_inst(i)} + T_{fuel_inst(i-1)}\right)\right]}{\sum_{30}^{i}\left(m_{(i)} - m_{(i-1)}\right)}.$$

При $30 < i \le 60$, а также:

$$T_{fuel\text{-}ave\text{-}roll(i)} = \frac{\sum_{i-30}^{i}\left[\left(m_{(i)} - m_{(i-1)}\right)\cdot 0{,}5\left(T_{fuel_inst(i)} + T_{fuel_inst(i-1)}\right)\right]}{\sum_{30}^{i}\left(m_{(i)} - m_{(i-1)}\right)}. \quad (3)$$

При $i > 60$, где i — один цикл расчета продолжительностью 1 с.

По истечении в общей сложности 30 с массового расхода с начала основного времени заправки водородом (за исключением случаев, когда в течение последних 10 с этого 30-секундного периода происходит период преднамеренной остановки заправки, тогда общий массовый расход составляет 40 с), $T_{fuel\text{-}ave\text{-}roll}$ должно оставаться в пределах диапазона, указанного в таблице 3, в любое время, когда массовый расход превышает 0,6 г/с в течение более 10 с. Дополнительным требованием является то, чтобы $(T_{fuel_inst} - T_{fuel\text{-}ave\text{-}roll}) < 10$ °C в любое время, когда массовый расход превышает 0,6 г/с в течение более 10 с.

7.1.3 Минимальное время запуска

Время запуска, $t_{startup}$, должно удовлетворять следующему требованию:

$$t_{startup} \ge \frac{aV^b m_{startup}^c}{(APRR_{\sec})} t_{startup} \ge \frac{aV^b m_{startup}^c}{(APRR_{\sec})}, \quad (4)$$

$$t_{startup} \geq \frac{aV^b m_{startup}^c}{(APRR_{sec})},$$

где $APRR_{sec}$ — заданная скорость нарастания давления в начале основного времени заправки, МПа/с;
V — объем СХКВ (если объем СХКВ не определен, следует использовать наименьший объем СХКВ, т. е. 49,7 л), л;
$m_{startup}$ — масса, выдаваемая за период запуска;
a = 1,717;
b = –0,9773;
c = 0,9828.

7.2 Емкость СХКВ

В таблице 4 указаны допустимые категории емкости СХКВ для табличного протокола заправки.

Таблица 4 — Категории емкости СХКВ

Класс давления	Общее количество водорода в СХКВ при 100 %-ном состоянии заряда, кг	Объем СХКВ, л	Идентификатор категории емкости СХКВ
H35	От 1,19 до 2,39	От 49,7 до 99,4	A
H35	От 2,39 до 4,18	От 99,4 до 174,0	B
H35	От 4,18 до 5,97	От 174,0 до 248,6	C
H70	От 2,00 до 4,00	От 49,7 до 99,4	A
H70	От 4,00 до 7,00	От 99,4 до 174,0	B
H70	От 7,00 до 10,00	От 174,0 до 248,6	C
H70	>10,00	>248,6	D

Станция может реализовать все категории емкости СХКВ (от H35 A до C, H70 от A до D), или же может выбрать реализацию отдельных категорий емкости СХКВ (например, A, B и C, но не D).

Если станция способна определить емкость СХКВ с помощью метода с точностью ±15 %, то результат этого определения может использоваться для выбора подходящей таблицы при заправке водородом.

Если станция не может реализовать эту степень точности, или если категория емкости СХКВ не определена (например, если измеренная емкость СХКВ составляет 4,01 кг, а точность составляет ±15 %, то категория емкости СХКВ является неопределенной), то станция должна использовать более консервативные значения. Подробное объяснение этого подхода вместе с примерами приведено в Ж.2 приложения Ж.

7.3 Требования к давлению

7.3.1 Начальное давление

Начальное давление должно использоваться как P_0 при применении табличного протокола. Если начальное давление меньше 0,5 МПа или больше номинального рабочего давления класса давления (35 МПа или 70 МПа), то станция должна прекратить заправку как можно скорее, но в течение 5 с.

Примечание — Сообщаемое давление от ТС менее 0,5 МПа до импульса подключения является приемлемым при условии, что начальное давление, измеренное после импульса подключения, превышает 0,5 МПа.

7.3.2 Допуски по давлению для *APRR*

В течение основного периода заправки станция поддерживает давление, ориентируясь на среднее значение скорости нарастания давления ($APRR_{target}$) на основе справочных таблиц заправки или, в случае категории емкости СХКВ D, меньшее значение из таблицы заправки.

Приложенное давление должно находиться в пределах верхнего и нижнего допуска исходя из истекшего времени основного периода заправки $t_{fueling}$. Полученные диапазоны допусков графически представлены на рисунке 4. В течение основного времени заправки, за исключением первых 15 с, стан-

ция должна поддерживать давление в пределах верхнего и нижнего допусков. Если давление на станции превышает верхний допуск по давлению на 5 МПа или менее, оно должно вернуться в пределы допуска в течение 5 с после начального отклонения или прекратить подачу водорода в течение 5 с после начального отклонения. Если величина отклонения превышает 5 МПа, то станция должна прекратить заправку водородом в течение 5 с после первоначального отклонения. Если давление на станции падает ниже нижнего допуска по давлению, то оно должно вернуться в допустимые пределы в течение в общей сложности 15 с после начального отклонения, не считая запланированного времени без заправки, в противном случае станция должна прекратить заправку в течение 15 с с момента падения давления.

Верхний допуск по давлению

Категории емкости СХКВ A, B, C, D:

$$P_{station} \le P_{startup} + (APRR_{target})\,(t_{fueling}) + \Delta P_{upper},$$

где ΔP_{upper} = 7,0 МПа.

Нижний допуск по давлению

Категории емкости СХКВ A, B, C:

$$P_{station} \ge P_{startup} + \text{Max}\,[((\text{APRR}_{target})\,(t_{fueling}) - \Delta P_{lower}),\ 0],$$

где ΔP_{lower} = 2,5 МПа.

Категория емкости СХКВ D:

$$P_{station} \ge P_{startup} + \text{Max}\,[((1\ \text{МПа/мин})\,(t_{fueling}) - \Delta P_{lower}),\ 0],$$

где ΔP_{lower} = 2,5 МПа.

Периоды преднамеренной остановки заправки (например, остановка для переключения между хранилищами или проверки на утечку) не включаются в оставшееся время основного периода заправки (т. е. заправка не происходит в течение периода остановки заправки). Давление на станции должно оставаться выше допустимого нижнего предела давления только во время течения водорода в СХКВ, что исключает периоды остановки заправки.

На рисунке 5 показана фактическая заправка водородом, прерванная периодом преднамеренной остановки заправки, для категорий емкости СХКВ A, B и C. Заправка водородом без периодов остановки заправки показана на рисунке 4. На рисунке 6 показаны допуски по давлению при заправке водородом для категории емкости СХКВ D, где нижний допуск по давлению основан на значении APRR, равном 1 МПа/мин.

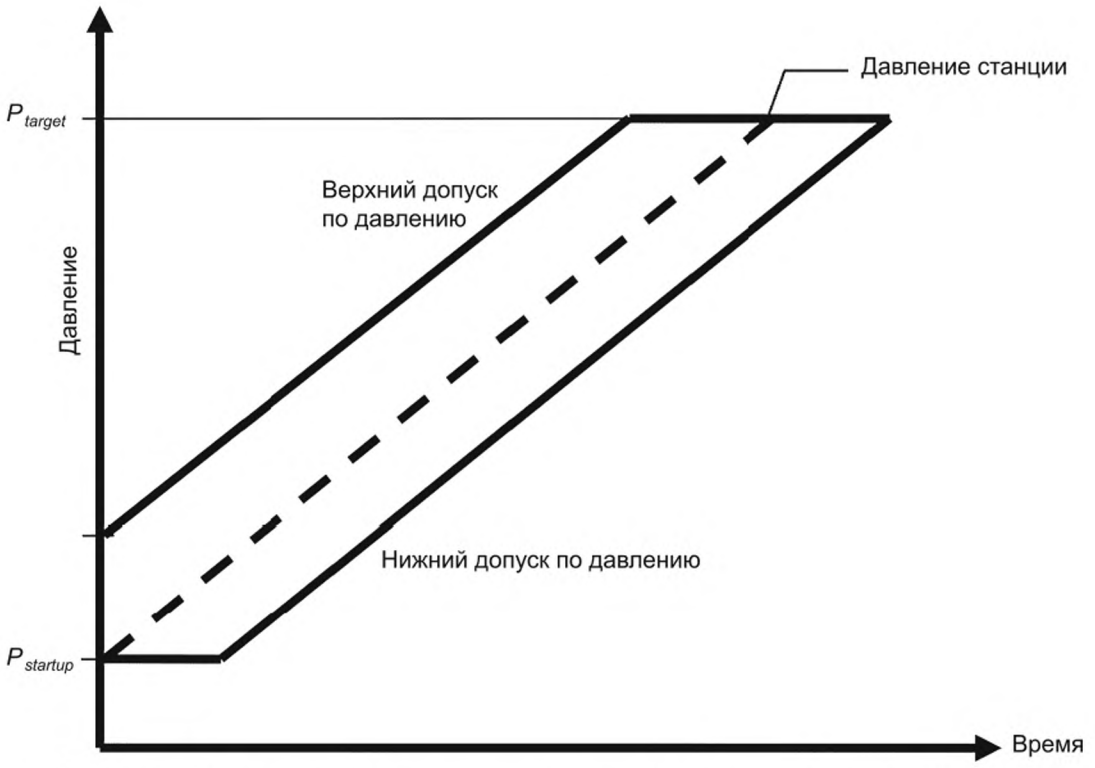


Рисунок 4 — Допуски по давлению во время заправки для категорий емкости СХКВ A, B, C

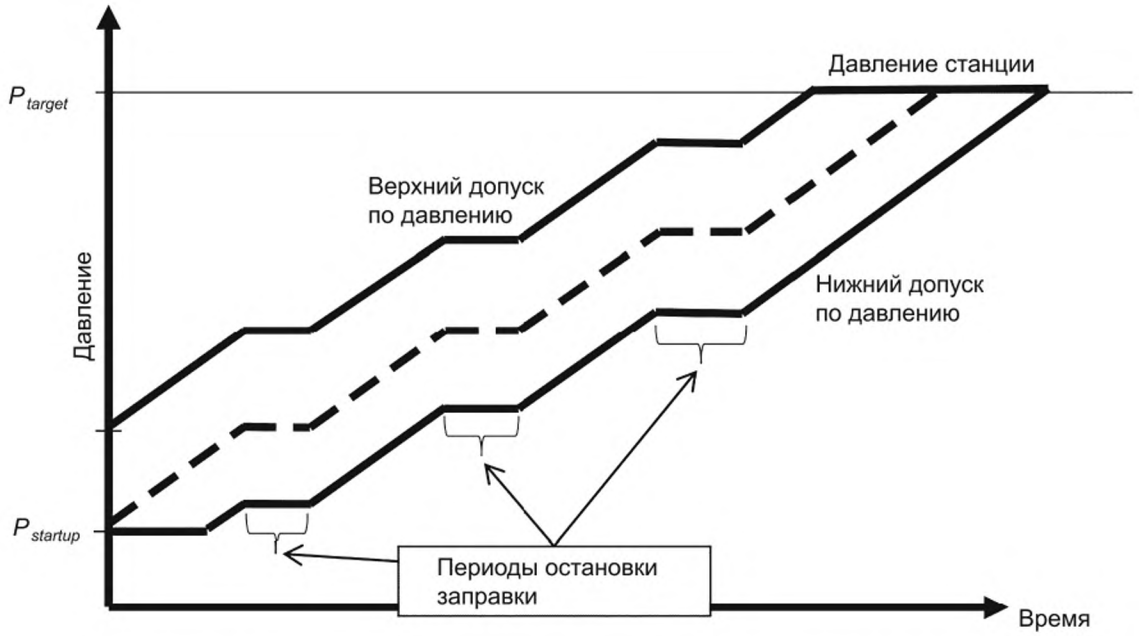


Рисунок 5 — Допуски по давлению во время заправки с периодами остановки для категорий емкости СХКВ A, B, C

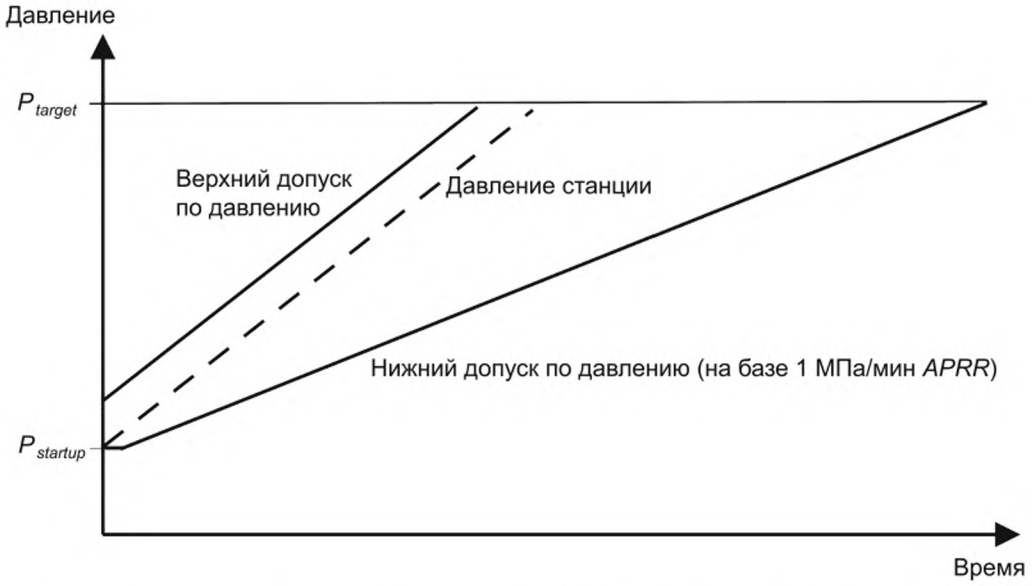


Рисунок 6 — Допуски по давлению во время заправки для категории емкости СХКВ D

7.4 Управление циклом

ТРК не должна циклически регулировать поток водорода, многократно запуская и останавливая заправку. Станция не должна снижать расход водорода ниже 1 % от максимального расхода более десяти раз в течение основного периода заправки. Это требование включает периоды остановки заправки (проверки утечек, переключение банков и т. д.) в течение основного периода заправки.

7.5 Сигнал прерывания от автомобиля

Если заправочная колонка поддерживает заправку со связью, станция должна продолжать контролировать интерфейс связи, вне зависимости от того, какой тип заправки осуществляется (со связью или без нее), и должна прекратить заправку как можно скорее, но в течение 5 с, после обнаружения

сигнала «прекращение» от ТС. ТС может использовать сигнал прерывания для остановки заправки по любой причине. Это позволяет ТС контролировать процесс заправки и дополнять работу станции еще одним уровнем контроля.

7.6 Допуски

Станция должна учитывать свои допуски при применении этого протокола заправки. Допуски должны применяться для обеспечения того, чтобы скорость линейного изменения давления и конечное давление оставались в установленных границах или пределах.

7.7 Табличная блок-схема заправки водородом

На рисунке 7 показана общая блок-схема заправки со связью и без связи, основанная на таблице заправки водородом. Более подробные блок-схемы с описанием подпрограмм содержатся в приложении Б.

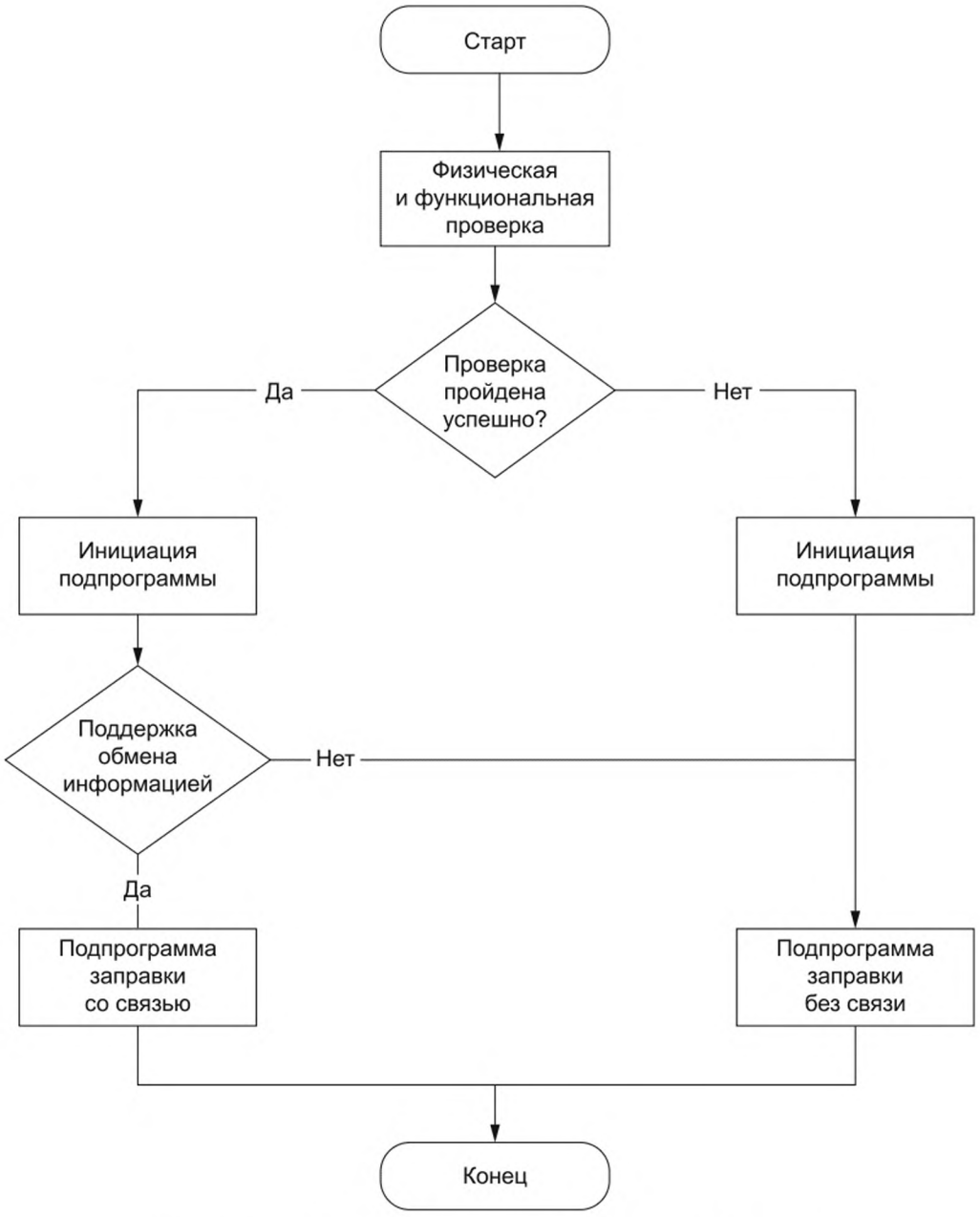


Рисунок 7 — Общий алгоритм заправки со связью и без связи

В начале заправки станция должна контролировать интерфейс связи на наличие сигналов от ТС. Если сигнал отсутствует или полученные сигналы не соответствуют физическим и функциональным требованиям, как определено в [1], то станция должна применить процедуру заправки без связи, как описано в 7.8. Если сигнал присутствует и соответствует физическим и функциональным требованиям, то станция должна применить процедуру заправки со связью, как описано в 7.9.

Примечание — Процедура запуска заправочной колонки, приведенная на рисунке 7, может начаться до проверки физических и функциональных требований, приведенных в [1], на основе методологии заправки заправочной колонки.

7.7.1 Определение таблицы заправки и параметров заправки

В конце периода запуска заправки станция имеет всю информацию (номинальная температура подачи водорода в ТРК, наличие связи, определенная категория емкости СХКВ и т. д.), необходимую для выбора соответствующей таблицы заправки и расчета соответствующих параметров заправки на основе табличных значений. На рисунке Б.6 приложения Б представлен пример входных данных и их анализа, используемых станцией при выборе таблицы.

После того как станция определит соответствующую таблицу заправки, значения измеренной температуры окружающей среды T_{amb} и начального давления СХКВ P_0 будут использоваться для определения результирующего *APRR* и целевого давления P_{target}.

Для получения актуальных параметров заправки из табличных значений должна использоваться линейная интерполяция. Это будет одномерная интерполяция для $APRR_{actual}$ (на основе температуры окружающей среды) и двумерная интерполяция для целевого давления или предела давления (на основе температуры окружающей среды и начального давления СХКВ). Если одно из значений интерполяции находится в зоне таблицы «период остановки заправки», то ТРК не должна заправлять ТС. Приложение Ж содержит руководство по интерполяции.

Для категорий емкости СХКВ A, B и C, в течение основного периода заправки, станция подает давление, ориентируясь на среднее значение скорости линейного изменения давления $APRR_{target}$, равное фактическому значению $APRR_{actual}$. Для категории емкости СХКВ D в течение основного периода заправки станция устанавливает давление, ориентируясь на среднее значение скорости увеличения давления $APRR_{target}$, рассчитанное как меньшее из двух значений:

а) $APRR_{actual}$ на основе соответствующей справочной таблицы заправки водородом;

б) $APRR_{calculated}$, вычисленный на основе формулы (5) для категории емкости СХКВ D:

$$APRR_{calculated} = 28{,}5 \cdot \frac{V_{station_D}}{V_{CHSS}}, \tag{5}$$

$$APRR_{target} = MINIMUM\ (APRR_{calculated}, APRR_{actual}),$$

где $V_{station_D}$ — объем, установленный станцией в диапазоне от 137 до 174 л;

V_{CHSS} — объем заправляемого СХКВ, л;

$APRR_{actual}$ — значение *APRR* из применимой справочной таблицы для емкости СХКВ категории D.

7.8 Заправка водородом без связи

Все станции, использующие протокол заправки на основе таблиц, должны иметь возможность заправляться в соответствии с протоколом заправки без связи.

Протокол заправки без связи на основе таблиц предполагает, что никакие данные не передаются от ТС к станции. Для конкретной категории емкости СХКВ и температуры окружающей среды *APRR* аналогична таковой при заправке со связью. Основное отличие заключается в том, что окончание заправки определяется только целевым давлением.

7.8.1 Процедура заправки водородом

Выбор параметров заправки без связи основан на общем описании, рассмотренном в 7.7. Блок-схема процесса заправки водородом без связи представлена на рисунках Б.1 и Б.2 приложения Б. На рисунках Б.4 и Б.7 приложения Б представлены дополнительные детали работы в рамках подпрограммы отсутствия связи в процессе заправки.

7.8.2 Окончание заправки

Все заправки без связи должны заканчиваться, когда давление на станции сравняется с выбранным целевым давлением таблицы для заправки без связи P_{target}. Станция должна применять подхо-

дящие методики для измерения или расчета потери давления между станцией и ТС, и корректировать давление станции на это значение. Если используется этот подход, станция должна принять соответствующие меры для обеспечения того, чтобы при любых условиях $P_{vehicle}$ не превышало целевое давление P_{target}.

7.9 Заправка со связью

Протокол заправки на основе таблицы для заправки со связью должен использовать сигнал IrDA, как определено в [1], для передачи информации от ТС на станцию. Для стандартной процедуры заправки водородом со связью и для данного объема СХКВ и температуры окружающей среды APRR аналогична процедуре заправки без связи. Основное отличие состоит в том, что станция использует сигналы ТС (см. [1]) для определения окончания заправки водородом, обеспечивая более высокий уровень заряда СХКВ, чем при отсутствии связи. В случае заправки со связью целевое давление является верхним пределом.

Если применимо, при использовании связи следует учитывать 2.6.1.

7.9.1 Процедура заправки водородом

Выбор параметров при заправке со связью должен быть основан на общих положениях, рассмотренных в 7.7.

В приложении Б схема процесса заправки со связью представлена на рисунках Б.1, Б.3 и Б.4 приложения Б. На рисунках Б.4 и Б.7 приложения Б представлены дополнительные детали работы подпрограммы заправки со связью.

На рисунке Б.7 приложения Б показана опциональная резервная процедура, которая может применяться при заправке средств связи в тех случаях, когда станция не может поддерживать температуру подачи водорода.

7.9.2 Установление связи

Раздаточная колонка должна получать сообщения от ТС в течение всего процесса заправки. Во избежание сбоев связи, когда оператор подключает заправочный пистолет, заправочная колонка не должна считать связь полностью установленной до тех пор, пока заправочный пистолет не будет установлен на место и не начнется процедура запуска заправки. Как только связь установлена, заправочная колонка должна продолжить заправку, используя протокол заправки со связью, до тех пор, пока продолжают поступать корректные сигналы.

7.9.3 Потеря связи

Если сигнал данных от ТС потерян или не соответствует физическим и функциональным требованиям, определенных в [1], то ТРК должна прекратить заправку как можно скорее, но в течение 5 с, или продолжить заправку ТС, используя протокол заправки без связи, описанный в 7.8, при условии, что станция определяет целесообразность продолжения заправки водородом после потери командного сигнала подачи водорода.

Если станция решает продолжить заправку согласно протоколу заправки без связи, после потери связи, то станция должна определить новое целевое давление на основе нового определения первоначального давления.

7.9.4 Определение массивов данных связи

Массивы данных, которые должны быть отправлены из автомобиля на станцию:

- ID: идентификатор протокола;
- VN: номер версии;
- TV: объем баллонов;
- RT: тип заправочного ниппеля;
- FC: заправочная команда;
- MP: измеренное давление;
- MT: измеренная температура;
- OD: дополнительные данные.

7.9.4.1 Идентификатор протокола

ТС должно передать идентификатор протокола ID. Заправочная колонка не должна заправлять ТС, если идентификатор протокола ТС не соответствует идентификатору протокола, основанного на таблице протокола заправки водородом, используемого заправочной колонкой.

7.9.4.2 Номер версии программного обеспечения для передачи данных

Для протокола заправки на основе таблиц ниже приведены номера версий связи.

VN = 01.00 или VN = 01.10 являются допустимым протоколом связи, как определено в [1].

Определения полей данных приведено в 7.9.4.

Раздаточная колонка не должна заправлять ТС, если номер версии ТС не соответствует VN = = 01.00 или VN = 01.10.

Применимые станции VN = 01.00 должны иметь возможность принимать и использовать передачу данных VN = 01.00.

Применимые станции VN = 01.10 должны иметь возможность принимать и использовать обмен данными как VN = 01.00, так и VN = 01.10.

7.9.4.3 Объем водородного баллона

Диапазон: от 0000,0 до 5000,0.

ТС должно передавать в раздаточную колонку накопительный объем СХКВ ТС в литрах (объем воды при номинальном рабочем давлении).

7.9.4.4 Тип розетки

|RT = H35| или |RT = H70|

ТС должно передать класс давления СХКВ ТС, который также должен соответствовать НРД СХКВ. ТРК не должна выдавать водород, если RT меньше класса давления ТРК.

7.9.4.5 Команда заправки

ТС должно использовать следующие команды заправки

|FC = Dyna|

Когда ТС передает |FC = Dyna| и без дополнительной команды данных, заправочная колонка должна выдавать водород на основе табличного коммуникационного протокола заправки, определенного в 7.9.

|FC = Stat|

|FC = Stat| не должны использоваться. Если эта команда получена станцией, то станция должна считать, что связь не соответствует физическим и функциональным требованиям.

|FC = Halt|

|FC = Halt| является необязательным для ТС. Если станция не реализует |FC = Halt|, то станция должна ответить на эту команду прекращением процесса заправки.

Если станция использует эту команду заправки |FC = Halt|, то она должна приостановить заправку. Станция должна перезапустить процесс заправки, если команда заправки |FC = Dyna| принимается не менее 2 с. Станция завершает процесс заправки, если команда заправки |FC = Halt| принимается более 60 с.

|FC = Abort|

Когда ТС передает |FC = Abort|, ТРК должна прекратить процесс заправки как можно скорее, но в течение 5 с.

7.9.4.6 Измеренное давление

Диапазон: от 000,0 до 100,0

ТС должно передавать измеренное давление водорода в СХКВ в МПа. Если заправочная колонка контролирует измеренное давление, она должна прекратить заправку как можно скорее, но в течение 5 с, если измеренное давление превышает МРД, как определено в 2.10.7.

7.9.4.7 Измеренная температура

Диапазон: от 16,0 до 425,0

ТС должно передавать измеренную СХКВ температуру водорода в градусах Кельвина. Измеренная температура должна быть репрезентативной для средней температуры водорода СХКВ. Если ТРК отслеживает измеренную температуру, она должна прекратить заправку как можно скорее, но в течение 5 с, если измеренная температура превышает максимальную температуру водорода СХКВ работающего ТС, как определено в 5.3.2.

7.9.4.8 Дополнительные данные

Для протокола заправки на основе таблиц команда дополнительных данных игнорируется.

7.9.5 Предел плотности переполнения при заправке со связью

Таблицы для протокола заправки со связью включают конечное давление, которое используется для обеспечения того, чтобы плотность СХКВ никогда не превышала 120 % от максимального уровня заряда. Эти меры предосторожности со стороны станции аналогичны протоколу заправки без связи (см. рисунок А.8 приложения А).

7.9.6 Окончание заправки

Станция может использовать данные о ТС, включая переданную температуру СХКВ, для расчета состояния заряда и должна заканчивать заправку водородом при давлении, соответствующем состоянию заряда от 95 % до 100 %. Однако целевые значения давления в таблицах заправки со связью имеют приоритет над расчетом состояния заряда, чтобы гарантировать, что СХКВ остается в пределах своих рабочих границ.

7.10 Ошибка температуры подачи водорода и аварийная процедура

Только в случаях заправки со связью, если станция не может поддерживать требования к своей категории температуры подачи водорода, как описано в 8.1.2, тогда она должна либо прекратить заправку (как можно скорее, но в течение 5 с), либо вернуться к более высокотемпературной категории подачи водорода. Если выбран резервный вариант, то станция должна выбрать соответствующую таблицу заправки и рассчитать новое целевое давление, используя ту же температуру окружающей среды и начальное давление СХКВ, которые были измерены при запуске заправки. Станция должна вычислить новую резервную скорость нарастания давления ($FPRR_{target}$), используя уравнение (6):

$$FPRR_{target} = \frac{\left(P_{final\ target} - P_1\right)}{\left[\frac{1}{APRR_{final}} \cdot \left(P_{final\ target} - P_0\right) - t_{station\ fallback}\right]}, \quad (6)$$

где $APRR_{final}$ соответствует $APRR$ из резервной справочной таблицы (на основе температуры окружающей среды и P_0);

$FPRR_{target}$ — резервная целевая скорость изменения давления;

$P_{final\ target}$ — целевое давление при заправке в более теплой категории температуры подачи водорода;

P_1 — давление в точке возврата;

P_0 — начальное давление СХКВ, измеренное во время запуска подачи водорода;

$t_{station\ fallback}$ — основное время заправки в резервной точке.

Если резервная целевая скорость изменения давления $FPRR_{target}$ меньше, чем скорость изменения давления при доливе (см. 7.11), то $FPRR_{target}$ может быть установлена равной скорости нарастания давления при доливе, когда она доступна.

Описанный выше возврат в более теплую температурную категорию не допускается в случае заправки без связи. Если связь потеряна во время этого возврата, станция должна прекратить заполнение в течение 5 с. Станции не должны использовать резервную процедуру для перехода на более низкую температуру подачи водорода (и более быструю $APRR$), включая возврат к исходной $APRR$, если станция возвращается к начальной категории температуры подачи водорода. Процедура возврата может быть использована только один раз во время заправки, и станция должна прекратить заправку (как можно скорее, но в течение 5 с), если температура подачи водорода превышает верхний предел температуры подачи водорода. Если температура подачи водорода на станции вернулась к начальной категории температуры подачи водорода после возврата, то заполнение может продолжаться при условии, что профиль заполнения использует целевое давление и $APRR$, связанные с более высокой (резервной) температурной категорией.

На рисунке 8 показан пример заправки с переходом, когда станция начинает заправку водородом при температуре подачи водорода Т40, а затем возвращается к температуре подачи водорода Т30, когда температура подачи водорода превышает минус 33 °С. На рисунке Б.7 приложения Б показан пример схемы резервной заправки станции водородом.

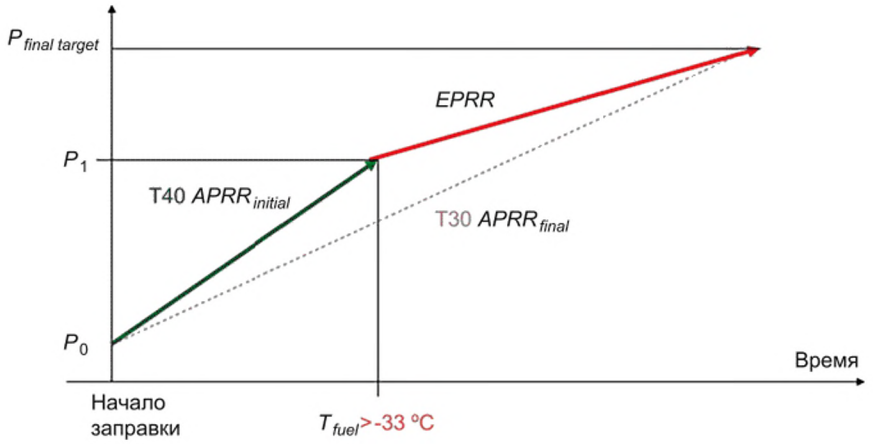


Рисунок 8 — Пример заправки с переходом — от Т40 до Т30

7.11 Дозаправка водородом

ТРК должны использовать процедуру дозаправки (долива) для увеличения итогового состояния заряда в случае, когда начальное давление составляет менее 5 МПа. Блок-схемы приведены в приложении Б, а таблицы заправки находятся в части таблиц заправки со связью для Н70 в приложениях Г и Д. После достижения целевого давления станция должна заправлять транспортное средство при более медленной целевой $APRR_{target}$, пока не будет достигнуто целевое состояние заряда, т. е. получен сигнал прерывания или достигнуто целевое давление. Для условий, когда в таблице заправки нет четких указаний (например, в таблице емкости Н70 Т40 СХКВ категории В, 5 °С T_{amb} и 1 МПа P_0), заправочная колонка должна использовать значения для следующих наиболее теплых описанных условий (используя тот же пример таблицы Н70 Т40 СХКВ категории В, используют 10 °С T_{amb} и 1 МПа P_0) (см. приложение Ж, примеры В и Г). Процедуру пополнения следует использовать только для класса давления Н70 и протокола заправки.

7.12 Справочные таблицы для холодной заправки

Для заправки со связью в случае категорий емкости СХКВ А, В и С станции могут дополнительно использовать процедуру холодной заправки, которая позволяет увеличить *APRR*, когда все компоненты заправочной колонки имеют достаточно низкую температуру. Процедура холодной заправки может использовать более высокую *APRR*, потому что, если компоненты раздаточной колонки начинают заправку водородом при более низкой температуре, в СХКВ выделяется меньше тепла.

Процедура холодной заправки должна использоваться только для класса давления Н70 и температурных категорий подачи водорода Т30 и Т40. Процедура холодной заправки должна использоваться только тогда, когда температура компонентов ТРК и T_{fuel} в начале заправки ниже 0 °С или минус 10 °С. Холодная заправка должна осуществляться только при наличии связи с ТС. Станция должна использовать ту же процедуру для выбора соответствующего *APRR* и целевого давления, что и для стандартных заправок со связью. ТРК должны выбрать соответствующую таблицу холодной заправки с помощью таблицы 5. Таблицы холодных заправок перечислены в приложении Д.

Таблица 5 — Обзор справочных таблиц холодных ТРК (DC)

Максимальная температура топлива и компонентов ТРК, °С	Холодная заправка со связью	
	Н70-Т30	Н70-Т40
0	Связь Н70-Т30 CD0	Связь Н70-Т40 CD0
Минус 10	Связь Н70-Т30 CD–10	Связь Н70-Т40 CD–10

Производители и операторы станций должны знать, что точное измерение температуры на стороне станции имеет решающее значение для обеспечения того, чтобы температура СХКВ не превышала максимальную рабочую температуру. Кроме того, условия окружающей среды, такие как солнечный свет, могут повлиять на точность измерения температуры станции.

Измерение(я) температуры компонентов ТРК должно(ы) учитывать влияние температуры компонентов ТРК на охлаждение водорода. Измерение(я) компонента ТРК должно(ы) быть в месте(ах), где водород, как ожидается, будет самым теплым, что, как правило, будет ближайшим к ТС и ниже по потоку от места измерения T_{fuel}. Место измерения должно учитывать массу компонента, его свойства теплопередачи и факторы окружающей среды. Примером может служить измерение температуры муфты или измерение температуры водорода в потоке муфты. Измерение температуры компонентов ТРК должно использоваться в соответствии с рисунком Б.6 приложения Б.

Таблицы процедур холодной заправки были созданы с использованием того же подхода к моделированию, что и стандартные таблицы заправки водородом. Полный набор таблиц включен в приложение Д.

8 Протокол заправки на основе формулы MC

8.1 Общие требования к заправке водородом

Протокол заправки на основе формулы MC использует температуру и давление подачи водорода на станции, температуру окружающей среды, категорию емкости СХКВ и начальное давление СХКВ для расчета соответствующих параметров заправки в режиме реального времени в течение всего процесса заправки. Для получения параметров и коэффициентов, используемых протоколом на основе формулы MC, использовались методы моделирования, чтобы оптимизировать характеристики заправки, обеспечивая при этом постоянное выполнение технологических требований раздела 5. Ключевые допущения моделирования представлены в разделе 6, а подробная информация приведена в приложении И.

Станция подбирает соответствующие параметры и коэффициенты, исходя из класса давления, температурной категории подачи водорода, начального давления СХКВ, категории емкости СХКВ и температуры окружающего воздуха. Они используются для расчета скорости нарастания давления (*APRR*) и целевого давления, которые периодически обновляются на протяжении заполнения. Существует два варианта контроля конечного давления (т. е. определения целевых давлений): метод *MC* или таблицы конечного давления. Можно использовать любой вариант. Приложение И содержит подробное объяснение и обоснование каждого варианта.

В случае заправки без связи станция должна остановить заправку, когда будет достигнуто расчетное целевое давление для заправки без связи. Для ТС со связью станция остановит заправку при давлении, соответствующем состоянии заряда СХКВ от 95 % до 100 %. Станция может использовать данные о ТС, включая переданную температуру СХКВ, для расчета целевого давления заправки со связью, соответствующего целевому уровню заряда СХКВ. Однако в протоколе заправки на основе формулы MC также рассчитывается предельное давление, которое имеет приоритет над целевым давлением заправки со связью, чтобы гарантировать, что СХКВ остается в пределах своих рабочих границ. В [1] определены сообщения о заправке, используемые для связи. В 8.9 определено использование сигналов связи для протокола на основе формулы MC.

Как и в протоколе на основе таблицы, для любой заданной температуры подачи водорода на станцию, температуры окружающей среды и категории емкости СХКВ, протокол на основе формулы MC использует один и тот же *APRR* для заправки H35 и H70; различаются только конечные целевые давления. Это сделано для устранения перегрева, если ТС H70 сначала заправляется на заправочной колонке H35, а затем сразу же заправляется H70.

Существуют дополнительные коэффициенты для холодной заправки, которые могут сократить время заправки во время двухзарядных заправок (применимо только к классу давления H70). Они должны применяться только станцией, отвечающей критериям холодной заправки (см. 8.10).

Блок-схемы и логика управления, основанные на формуле MC, приведены в приложении К. Подпрограммы, содержащие используемые уравнения и коэффициенты, приведены в приложении Л. Таблицы конечного давления приведены в приложении М.

Станции, использующие протокол на основе формулы MC, должны соответствовать требованиям раздела 5.

8.1.1 Категории станций

В таблице 7 приведены категории температуры подачи водорода по классам давления для протокола на основе формулы МС. Категория станции определяется классом давления водорода, которое она доставляет, и температурой подачи водорода. Например, температурная категория подачи водорода для диапазона от минус 40 °С до минус 33 °С обозначается как Т40. Существует три категории температур подачи водорода, обозначаемые Т40, Т30 или Т20. Хотя станция может предлагать несколько комбинаций класса давления и категории температуры подачи водорода с несколькими ТРК, рекомендуется, чтобы станции использовали общие категории температуры подачи водорода для всех ТРК (см. А.4 приложения А). ТРК не может заправлять ТС более низкого класса давления.

MAT_{30} представляет собой среднемассовое значение T_{fuel}, рассчитанное после того, как в общей сложности прошло 30 с массового расхода. MAT_{30} более подробно определен в И.2.4 приложения И. Обозначение станции для протокола, основанного на формуле МС, основано на способности станции достичь значения MAT_{30}, меньшего или равного верхней граничной температуре категории температуры подачи водорода к концу основного времени заправки.

В дополнение к использованию в качестве категории станции, категория температуры подачи водорода также используется для определения целевых показателей конечного давления, когда таблицы конечного давления используются в качестве опции контроля конечного давления. В этом случае с целью определения правильного целевого давления для использования категория температуры подачи водорода основана на MAT_C вместо MAT_{30}, где MAT_C представляет собой среднее значение массы T_{fuel}, используемое в качестве управляющего входного сигнала (см. И.2.4 приложения И). Могут быть сценарии заправки, при которых MAT_{30} соответствует предполагаемой категории температуры подачи водорода для обозначения станции, а MAT_C — нет. Это произойдет, когда начальный уровень заряда в СХКВ высок, потому что MAT_C включает в свои расчеты теплый водород из периода охлаждения, а MAT_{30} — нет.

Таблица 7 — Категории температуры подачи водорода по классам давления

Категории температуры подачи водорода		$-40\ °C \le MAT_{30} \le T40_{limit}$	$-33\ °C \le MAT_{30} \le -26\ °C$	$-26\ °C \le MAT_{30} \le -17{,}5\ °C$
Категория станции	35 МПа НРД	H35 — T40	H35 — T30	H35 — T20
	70 МПа НРД	H70 — T40	H70 — T30	H70 — T20

Значения T_{amb} и $T40_{limit}$ приведены в таблице 8.

Таблица 8

T_{amb}, °C	≥ 20	15	10	0	–10	–20	–30	–40
$T40_{limit}$, °C	–33	–32,5	–32	–29	–28	–27	–26,5	–26

8.1.2 Температура подачи водорода

В этом разделе определяются требования к температуре подачи водорода для протокола заправки на основе формулы МС. Они являются дополнительными к общим требованиям к температуре, перечисленным в 6.3.

8.1.2.1 Допустимое отклонение температуры подачи водорода

Для любой категории подачи водорода T_{fuel_inst} всегда должно быть не менее минус 40 °С, а по истечении в общей сложности 30 с массового расхода с начала основного времени заправки MAT_{30} должно быть не более минус 17,5 °С в любое время, когда массовый расход превышает 0,6 г/с в течение более 10 с. Если в течение последних 10 с этого 30-секундного периода происходит преднамеренная остановка заправки, допускается в общей сложности 40 с массового расхода (т. е. MAT_{30} должен быть не более минус 17,5 °С после того, как в общей сложности 40 с массового расхода прекратятся). Если станция не может выполнить эти требования, то она должна выполнить одно из следующих действий:

- пауза (отсутствие потока) минимум на 60 с, прежде чем возобновить заправку с обнуленными значениями основного времени заправки t и параметров n, j и i, и $P_{startup}$, установленным в значение последнего измеренного давления станции до возобновления заполнения;
- либо прекратить заправку как можно скорее, но в течение 5 с.

Примечание — Изготовитель ТРК должен внедрить подход, который отслеживает скорость изменения мгновенной температуры подачи водорода T_{fuel_inst}, чтобы убедиться, что она снижается с ожидаемой скоростью. Таким образом, раздаточная колонка сможет обнаружить неисправность раньше, чем при ожидании истечения полных 30 с массового расхода.

8.1.3 Минимальное время запуска

Время запуска $t_{startup}$ должно удовлетворять следующему требованию:

$$t_{startup} \geq \frac{aV^b m_{startup}^c}{PRR}, \quad (7)$$

где PRR — заданная скорость нарастания давления в начале основного времени заправки, МПа/с;

V — объем СХКВ (если объем СХКВ не определен, следует использовать наименьший объем СХКВ, т. е. 49,7 л);

$m_{startup}$ — масса, выдаваемая во время запуска, г;

a = 1,717;

b = –0,9773;

c = 0,982.

8.2 Емкость СХКВ

В таблице 9 определены допустимые категории емкости СХКВ для протокола заправки водородом на основе формулы МС. Категорию емкости СХКВ используют для выбора надлежащего конечного значения и, если применяют таблицы конечного давления, целевых значений давления.

Станция должна определять емкость СХКВ, используя метод с точностью до ±15 %. Затем станция определяет значение t_{final}, используя один из двух методов:

- большее из двух рассчитанных значений t_{final} для верхнего и нижнего размеров СХКВ, которые ограничивают категорию емкости СХКВ;
- интерполяция между двумя вычисленными окончательными значениями для верхнего и нижнего размеров СХКВ, которые ограничивают категорию емкости СХКВ, на основе измеренной емкости СХКВ (см. И.2.2 и И.2.4 приложения И).

Если станция не может гарантировать точность ±15 % или категория емкости СХКВ не определена, то станция должна использовать наиболее консервативное (наибольшее) конечное значение для категорий СХКВ A, B и C, а при наличии таблиц конечных давлений используется самое низкое расчетное целевое давление. Например, если измеренная емкость СХКВ составляет 4,01 кг, а точность составляет ±15 %, то категория емкости СХКВ является неопределенной.

Станция может решить реализовать все категории емкости СХКВ (H35 от A до C, H70 от A до D) или может выбрать реализацию поднабора категорий емкости СХКВ (например, A, B и C, но не D).

Таблица 9 — Категории емкости СХКВ

Класс давления	Общее количество водорода в полностью заполненной СХКВ, кг	Объем СХКВ по воде, л	Обозначение категории емкости СХКВ
H35	От 1,19 до 2,39	От 49,7 до 99,4	A
H35	От 2,39 до 4,18	От 99,4 до 174,0	B
H35	От 4,18 до 5,97	От 174,0 до 248,6	C
H70	От 2,00 до 4,00	От 49,7 до 99,4	A
H70	От 4,00 до 7,00	От 99,4 до 174,0	B
H70	От 7,00 до 10,00	От 174,0 до 248,6	C
H70	>10,00	>248,6	D

8.3 Требования к давлению

8.3.1 Начальное давление

Начальное давление должно использоваться как $P_{initial}$ при применении протокола на основе формулы МС. Если начальное давление меньше 0,5 МПа или больше номинального рабочего давления

класса давления (35 МПа или 70 МПа), то станция должна прекратить процедуру заправки как можно быстрее, но в течение 5 с.

Примечание — Начальное давление измеряется станцией (см. 2.10.3). Сообщаемое давление от ТС менее чем 0,5 МПа до импульса подключения является приемлемым при условии, что начальное давление, измеренное после импульса подключения, превышает 0,5 МПа.

8.3.2 Диапазон допустимых давлений на станции

8.3.2.1 Допуски по давлению на станции

В течение основного времени заправки протокол на основе формулы МС рассчитывает скорость изменения давления *PRR* и линейное давление P_{ramp} с частотой один раз в секунду (см. Л.2.6 приложения Л). Линейное давление используется для расчета верхнего и нижнего пределов давления, которые образуют границы допустимых диапазонов давления. Верхний допуск по давлению ΔP_{tol_high} суммируют с линейным давлением P_{ramp} для расчета верхнего предела давления P_{limit_high}, а для категорий емкости СХКВ A, B и C допуск по нижнему давлению ΔP_{tol_low} вычитается из линейного давления P_{ramp} для расчета нижнего предела давления P_{limit_low}. Для категории емкости СХКВ D более низкий допуск по давлению ΔP_{tol_low} вычитается из давления на основе скорости изменения давления 1 МПа/мин (0,0167 МПа/с). Верхний допуск по давлению составляет 7 МПа, а нижний допуск по давлению — 2,5 МПа.

В течение основного времени заправки, за исключением первых 15 с, на станции должно поддерживаться стационарное давление в границах верхнего и нижнего пределов давления. Если давление на станции превышает верхний предел давления на 5 МПа или меньше, то оно должно вернуться в диапазон допустимых пределов по давлению в течение 5 с после первоначального отклонения или должна быть прекращена подача водорода в течение 5 с после первоначального отклонения. Если отклонение превышает 5 МПа, то станция должна прекратить заправку водородом в течение 5 с после первоначального отклонения. Если давление на станции падает ниже нижнего предела давления, оно должно вернуться в этот предел в течение в общей сложности 15 с после начального отклонения, не считая периоды остановки заправки, а если это невозможно, то станция должна прекратить заправку в течение 15 с.

Верхний предел давления (категории емкости СХКВ A, B, C, D):

$P_{station} \le P_{limit_high}$, где $P_{limit_high} = P_{ramp} + \Delta P_{tol_high}$, где $\Delta P_{tol_high} = 7{,}0$ МПа.

Нижний предел давления (категории емкости СХКВ A, B, C):

$P_{station} \ge P_{limit_low}$, где $P_{limit_low} = \text{Max}\,[P_{startup};\ P_{ramp} - \Delta P_{tol_low}]$, где $\Delta P_{tol_low} = 2{,}5$ МПа.

Нижний предел давления (категория емкости СХКВ D):

$P_{station} \ge P_{limit_low}$, где $P_{limit_low} = \text{Max}\,[P_{startup};\ P_{startup} + 0{,}0167 \cdot t - \Delta P_{tol_low}]$, где $\Delta P_{tol_low} = 2{,}5$ МПа.

Диапазон допустимых давлений для категорий емкости СХКВ A, B и C изображен на рисунке 9 — для заправки без периодов остановки заправки, и на рисунке 10 — для заправки с периодами остановки. Диапазон допустимых давлений для категории емкости СХКВ D изображен на рисунке 11 для заправки водородом без периодов остановки. Хотя линейное давление, а также верхний и нижний пределы давления на рисунках 9, 10 и 11 показаны прямыми линиями, из-за переменной скорости изменения давления в протоколе на основе формулы МС на практике наклон линейного изменения давления, а также верхний и нижний пределы давления будут непрерывно изменяться с изменением скорости изменения давления, однако, ширина допусков по давлению всегда остается постоянной.

В протоколе, основанном на формуле МС, периоды остановки заправки (например, для переключения хранилища или проверки на утечку) включаются в истекшее время основного периода заправки t (т. е. t продолжает увеличиваться в течение предполагаемого времени без дозаправки). В течение периодов остановки заправки давление поддерживается постоянным, но скорость изменения давления продолжает рассчитываться. По истечении периода остановки заполнение возобновляется с последней рассчитанной скоростью изменения давления. Это показано на рисунке 10 увеличением наклона кривой давления и верхнего и нижнего пределов давления.

Более подробное объяснение и расчет допусков по давлению приведены в И.2.6.2 приложения И.

8.3.2.2 Контрольное давление

Описанные в 8.3.2.1 и изображенные на рисунках 9 и 10 допуски по давлению дают ТРК возможность контролировать изменяющееся давление при заправке. Для учета характерных колебаний давления на станции ТРК должен ориентироваться на определенную область внутри этих допусков по давлению, в зависимости от метода управления давлением и точности компонентов, участвующих в этом управлении. Контрольное давление в этом случае является целевым для ТРК на протяжении всего времени заправки.

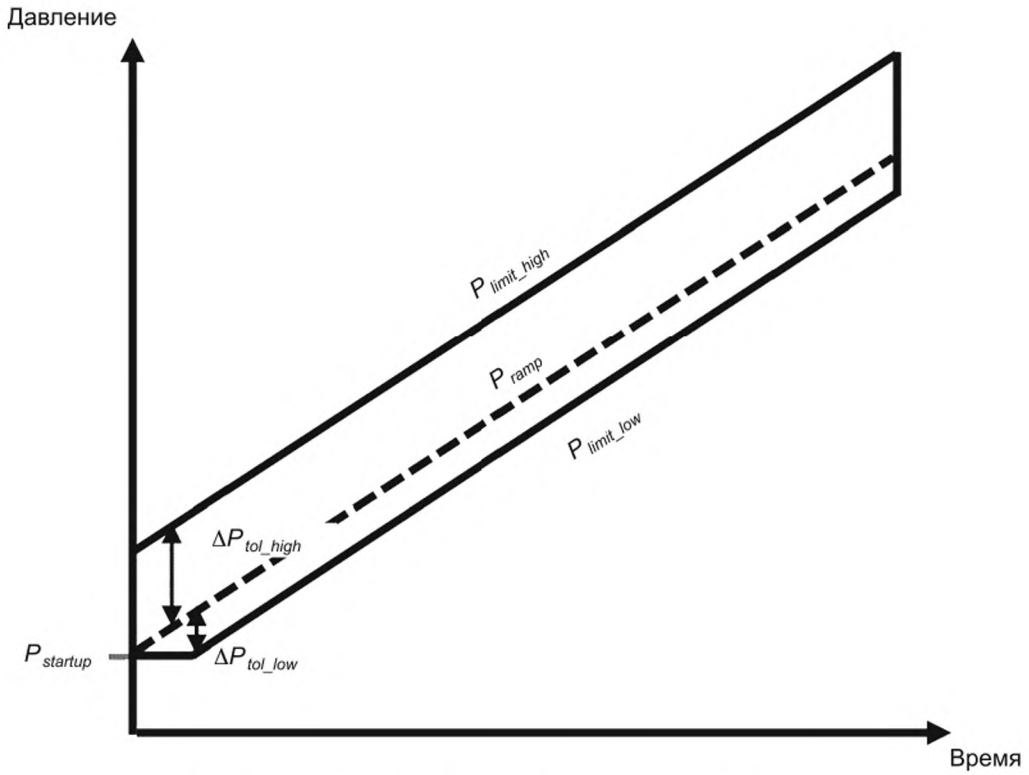


Рисунок 9 — Допуски по давлению для категорий емкости СХКВ А, В, С

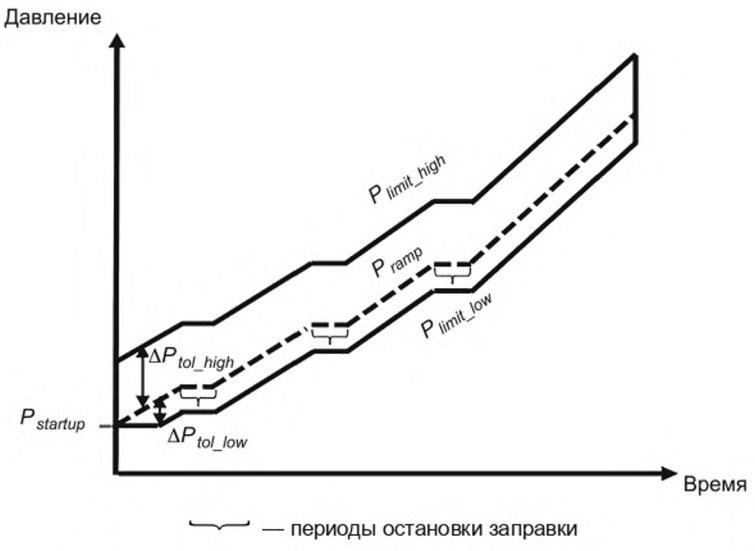


Рисунок 10 — Допуски по давлению с учетом периодов остановки заправки для категорий емкости СХКВ А, В, С

В протоколе, основанном на формуле МС, линейное давление P_{ramp} используется в качестве входных данных для уравнения скорости линейного изменения давления и в качестве средства для определения верхнего и нижнего допусков. Контрольное давление задается как смещение от линейного давления. Это смещение может быть постоянным или переменным параметром, который изменяется в зависимости от характеристик регулирования давления ТРК. Чтобы свести к минимуму общее время заправки, значение смещения должно быть установлено как можно выше, но в то же время должен быть обеспечен достаточный запас регулирования. Более подробное описание контрольного давления приведено в И.2.7 приложения И.

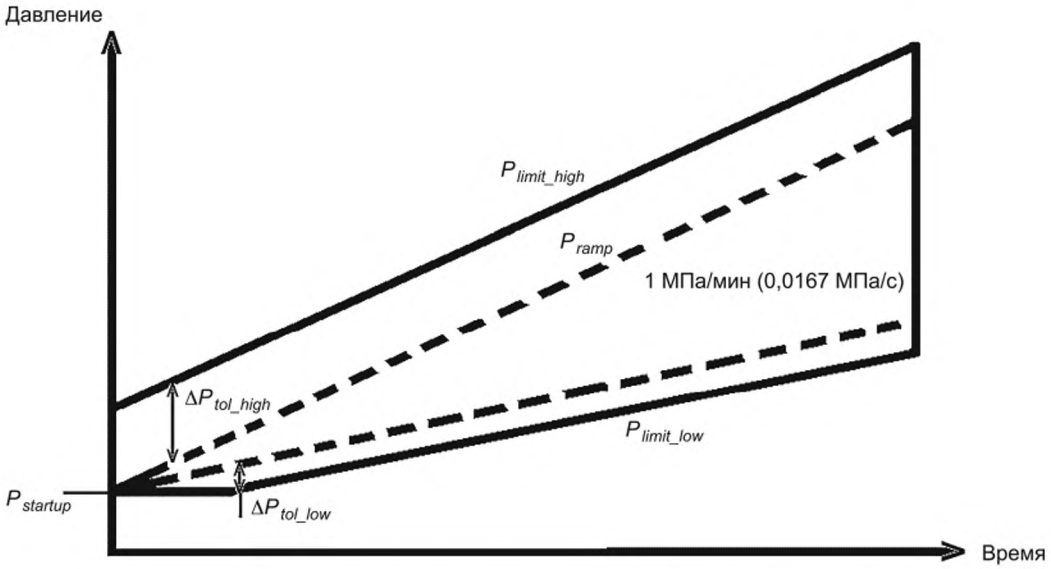


Рисунок 11 — Допуски по давлению для категории емкости СХКВ D

8.4 Управление циклом

ТРК не должна регулировать поток водорода циклически, многократно запуская и останавливая заправку. Станция не должна снижать расход водорода ниже 1 % от максимального расхода более десяти раз в течение основного периода заправки. Это требование распространяется также и на периоды остановки заправки (проверки утечек, переключение хранилищ и т. д.) в течение основного периода заправки.

8.5 Сигнал прерывания от транспортного средства

Если ТРК поддерживает связь, независимо от того, используется процедура заправки со связью или без нее, станция должна продолжать контролировать интерфейс взаимосвязи и прекращать заправку при обнаружении сигнала «отмена» от ТС как можно быстрее, но в течение 5 с. ТС может использовать сигнал прерывания для остановки заправки по любой причине. Это позволяет ТС контролировать процесс заправки и улучшать работу станции дополнительным уровнем контроля.

8.6 Допуски

Станция должна учитывать допуски при применении этого протокола заправки. Допуски должны применяться для обеспечения того, чтобы давление на станции и температура подачи водорода оставались в установленных границах или пределах.

8.7 Блок-схема заправки водородом на основе формулы MC

На рисунке 12 показана общая блок-схема заправки со связью и без связи, основанная на формуле MC заправки водородом. Более подробные блок-схемы с подпрограммами содержатся в приложении К, а полные описания этих подпрограмм со всеми необходимыми формулами — в приложении Л.

Все требования приложения Л являются обязательными для реализации протокола на основе формулы MC.

8.7.1 Запуск ТРК

Блок-схема процесса запуска ТРК изображена на рисунке К.1 приложения К, а используемые формулы приведены в Л.1 приложения Л. Станция должна пройти подпрограмму запуска ТРК или, в случае ее неудачи, прекратить заправку.

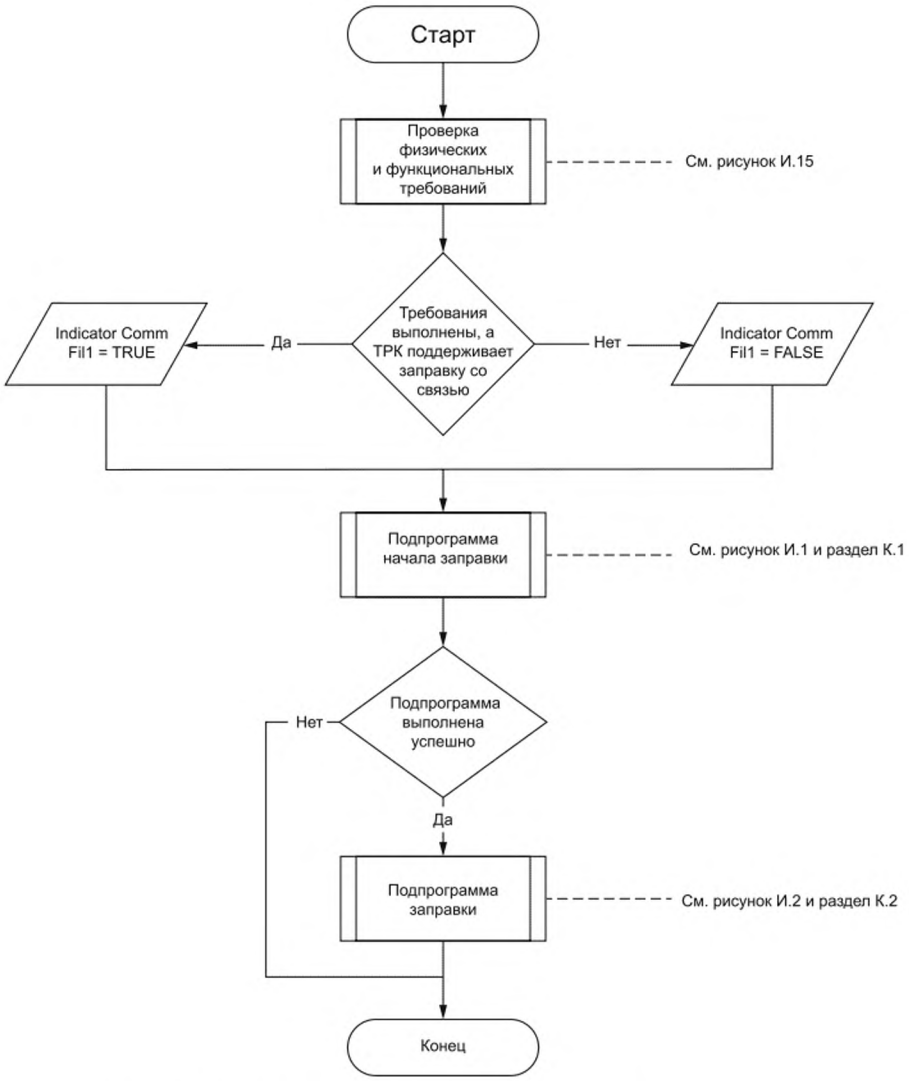


Рисунок 12 — Общая схема заправки водородом по формуле МС

В начале заправки станция должна контролировать интерфейс связи на наличие сигналов (см. [1]). Если сигнал отсутствует или полученные сигналы не соответствуют физическим и функциональным требованиям, как определено в [1] и на рисунке К.15 приложения К, то станция должна применить процедуру заправки без связи, как описано в 8.8. Если сигнал присутствует и соответствует физическим и функциональным требованиям, то станция должна применить процедуру включения связи, как описано в 8.9. В приложениях Н и М содержатся дополнительные методы проверки целостности и рациональности данных связи.

Примечание — На рисунке 12 процедура запуска заправочной колонки может начаться до проверки физических и функциональных требований (см. [1]) на основе методологии заправки заправочной колонки.

8.7.2 Процесс заправки

После того, как станция прошла подпрограмму запуска ТРК, она получает всю необходимую информацию (температура окружающей среды, начальное давление в СХКВ, определенная категория емкости СХКВ, ожидаемая МАТ и т. д.) и затем должна выполнить процесс заправки, как описано в подпрограмме процесса заправки. Блок-схема подпрограммы процесса заправки показана на рисунке К.2 приложения К, а формулы, используемые в подпрограмме процесса заправки, представлены в Л.2 приложения Л.

8.8 Заправка водородом без связи

Все станции, использующие протокол заправки на основе формулы МС, должны иметь возможность заправлять ТС без связи с ним.

Протокол заправки без связи на основе формулы МС подразумевает, что никакие данные не передаются от ТС к станции. Для заданной категории емкости СХКВ и температуры окружающей среды t_{final} и результирующий PRR такие же, как и в процедуре заправки по связи. Основное отличие заключается в том, что окончание заправки определяется отдельным заданным давлением.

8.8.1 Процедура заправки водородом

Процесс заправки без связи имеет общее описание, приведенное в 8.7. Станция должна использовать блок-схему процесса заправки водородом, представленную на рисунках К.1 и К.3. Для заправки без связи флаговая переменная «Indicator Comm Fill» должна быть установлена в FALSE. ТРК указывает, что для завершения заправки должно использоваться целевое давление заправки без связи.

8.8.2 Окончание заправки

Все заправки без связи должны заканчиваться, когда давление на станции равняется целевому давлению заправки без связи $P_{target_non_comm}$. Давление на станции должно сравниваться с целевым давлением без связи не реже одного раза каждые 100 мс, как предписано в подпрограмме Л.2.8 приложения Л оценки конца заполнения. Станция должна измерять или рассчитывать потери давления между станцией $P_{station}$ и ТС $P_{vehicle}$ и корректировать давление на станции на это значение, а также принимать соответствующие меры для обеспечения того, чтобы при любых условиях $P_{vehicle}$ не превышало целевое давление P_{target}.

Протокол, основанный на формуле МС, допускает два варианта контроля конечного давления (см. И.3 приложения И) — метод МС, либо таблицы конечного давления. Независимо от используемого варианта контроля конечного давления, целевое значение давления заправки без связи $P_{target_non_comm}$ следует рассчитывать не реже одного раза в секунду, как указано в подпрограмме Л.2.7 приложения Л определения целевых значений давления и пределов.

8.9 Заправка со связью

Протокол заправки со связью на основе формулы МС должен использовать сигналы IrDA, как определено в [1], для передачи информации от ТС на станцию. Для процедуры заправки со связью для определенного объема СХКВ и температуры окружающей среды t_{final} и результирующий *PRR* такие же, как и в случае заправки без связи.

8.9.1 Процедура заправки

Процесс связи заправки имеет общее описание, рассмотренное в 9.7. Станция должна использовать блок-схему процесса заправки водородом, представленную на рисунках К.1 и К.3 приложения К. Для заправки со связью флаговая переменная «Indicator Comm Fil» должна принимать значение TRUE.

8.9.2 Установление связи

ТРК должна получать сообщения от ТС (см. [1]) в течение всего процесса заправки. Чтобы предотвратить сбои связи во время подключения пользователем заправочной муфты, ТРК не должна считать связь полностью установленной до тех пор, пока заправочная муфта не будет присоединена и не начнется процедура запуска заправки. Как только связь установлена, ТРК должна продолжить заправку, используя протокол заправки со связью, до тех пор, пока продолжают поступать корректные сигналы.

8.9.3 Потеря связи

Если сигнал данных от ТС потерян или не соответствует физическим и функциональным требованиям, как определено в [1] (см. рисунок К.15 приложения К), то заправочная колонка должна прекратить заправку как можно скорее, но в течение 5 с, или установить переменную флага «Indicator Comm Fill» на FALSE и продолжить заправку ТС, используя целевое давление заправки без связи $P_{target_non_comm}$, предполагая, что станция определяет целесообразность продолжения заправки после потери командного сигнала подачи водорода.

8.9.4 Предельная плотность переполнения при заправке со связью

Предел давления определяется для заправки со связью как P_{limit_comm}. Это предельное значение давления используется в качестве вторичного средства защиты, для ограничения избыточной плотности в случае сбоя в измеренной СХКВ температуре МТ, что приводит к неправильному целевому давлению заправки со связью. Определение P_{limit_comm} зависит от используемого варианта контроля конечного давления. Для варианта конечных таблиц давления P_{limit_comm} определяется из набора таблиц предельных значений давления. Для варианта контроля конечного давления по методу МС, P_{limit_comm}

рассчитывается на основе температуры водорода при холодной заправке T_{cold} и максимальной плотности, соответствующей 115 %-ному уровню заряда СХКВ, или P_{final}, в зависимости от того, что ниже. Обоснование и дополнительную информацию см. в И.3.1.4 приложения И. Формулы, используемые для расчета P_{limit_comm}, приведены в Л.2.7 приложения Л.

8.9.5 Окончание заправки

Станция может использовать данные о ТС, включая переданную температуру СХКВ, для расчета целевого давления заправки со связью и должна заканчивать заправку водородом при давлении, соответствующем уровню заряда СХКВ от 95 % до 100 %. Во всех случаях заправка должна заканчиваться, когда давление станции или давление в ТС становится равным расчетному целевому давлению связи P_{target_comm} или предельному давлению P_{limit_comm}, в зависимости от того, что будет достигнуто раньше.

8.9.6 Определение массивов данных связи

Поля данных, которые должны быть отправлены из автомобиля на станцию, перечислены ниже в соответствующем порядке:

- ID: идентификатор протокола;
- VN: номер версии;
- TV: объем СХКВ;
- RT: тип заправочного ниппеля;
- FC: заправочная команда;
- MP: измеренное давление;
- MT: измеренная температура;
- OD: дополнительные данные.

8.9.6.1 Идентификатор протокола

ТС должно передать идентификатор протокола ID. Раздаточная колонка не должна заправлять ТС, если идентификатор протокола ТС не подходит ТРК.

8.9.6.2 Номер версии программного обеспечения для передачи данных

Для протокола заправки на основе формулы МС ниже приведены номера версий связи.

VN = 01.00 или VN = 01.10 являются допустимым протоколом связи, как определено в [1].

Определения полей данных приведены в 8.9.6.

Раздаточная колонка не должна заправлять ТС, если номер версии ТС не соответствует VN = = 01.00 или VN = 01.10.

Применимые станции VN = 01.00 должны иметь возможность принимать и использовать передачу данных VN = 01.00.

Применимые станции VN = 01.10 должны иметь возможность принимать и использовать обмен данными как VN = 01.00, так и VN = 01.10.

8.9.6.3 Объем СХКВ

Диапазон: от 0000,0 до 5000,0

ТС должно передавать в ТРК объем СХКВ транспортного средства в литрах (объем воды, помещающейся в СХКВ при номинальном рабочем давлении).

8.9.6.4 Тип заправочного ниппеля

|RT = H35| или |RT = H70|

ТС должно передать класс давления СХКВ ТС, который также должен соответствовать НРД СХКВ. ТРК не должна выдавать водород, если RT меньше класса давления ТРК.

8.9.6.5 Команда заправки

ТС должно использовать следующие команды заправки

|FC = Dyna|

Когда ТС передает |FC = Dyna|, заправочная колонка должна дозировать водород на основе протокола заправки на основе формулы МС, определенного в 8.9.

|FC = Stat|

|FC = Stat| не должна использоваться. Если эта команда получена станцией, то станция должна считать, что связь не соответствует физическим и функциональным требованиям.

|FC = Halt|

|FC = Halt| является необязательной для ТС. Если станция не реализует |FC = Halt|, то станция должна ответить на эту команду прекращением процесса заправки.

Если станция использует эту команду заправки |FC = Halt|, то она должна приостановить заправку. Прошедшее время в течение |FC = Halt| включается в основное время периода заправки *t*. Во время |FC = Halt| линейное давление и управляющее давление поддерживаются постоянными, но скорость линейного изменения давления продолжает рассчитываться. Если команда заправки |FC = Dyna| принимается в течение не менее 2 с, то станция должна перезапустить процесс заправки и возобновить заправку с последнего рассчитанного значения PRR. Станция завершает процесс заправки, если команда заправки |FC = Halt| принимается более 60 с.

|FC = Abort|

Когда ТС передает |FC = Abort|, станция должна прекратить процесс заправки как можно скорее, но в течение 5 с.

8.9.6.6 Измеренное давление

Диапазон: от 000,0 до 100,0

ТС должно передавать измеренное давление водорода в СХКВ в МПа. Если заправочная колонка контролирует измеренное давление, она должна прекратить заправку как можно скорее, но в течение 5 с, если измеренное давление превышает МРД, как определено в 2.10.7.

8.9.6.7 Измеренная температура

Диапазон: от 16,0 до 425,0.

ТС должно передавать измеренную СХКВ температуру водорода в градусах Кельвина. Измеренная температура должна быть репрезентативной для средней температуры водорода СХКВ. Если ТРК отслеживает измеренную температуру, она должна прекратить заправку как можно скорее, но в течение 5 с, если измеренная температура превышает максимальную температуру водорода СХКВ работающего ТС, как определено в 5.3.2.

8.9.6.8 Дополнительные данные

Для протокола заправки на основе формулы МС необязательная команда данных игнорируется.

8.10 Холодная заправка

Только для заправки со связью, и только для категорий емкости СХКВ A, B и C, станции могут факультативно использовать процедуру холодной заправки, в которой используется отдельный набор конечных коэффициентов, когда все компоненты заправочной колонки имеют достаточно низкую температуру. Это приводит к меньшим значениям t_{final} и, следовательно, к более высокому *PRR*, что способствует сокращению времени заправки. Процедура холодной заправки может использовать меньшие значения t_{final}, потому что, когда компоненты ТРК начинают заправку водородом при более низкой температуре, внутри СХКВ выделяется меньше тепла. Более холодные компоненты ТРК могут возникать, когда два или более ТС заправляются последовательно с минимальным интервалом между заправками.

Процедура холодной заправки должна использоваться только для класса давления H70 и только тогда, когда температура компонентов ТРК и T_{fuel} в начале заправки ниже 0 °C. Процедура холодной заправки должна использоваться только со связью. Таблицы конечных коэффициентов для холодной заправки перечислены в таблицах Л.9—Л.16 приложения Л.

Точное измерение температуры на стороне станции имеет решающее значение для обеспечения того, чтобы температура СХКВ не превышала максимальную рабочую температуру. Кроме того, условия окружающей среды, такие как солнечный свет, могут повлиять на точность измерения температуры станцией.

Измерение(я) температуры компонентов ТРК должно(ы) учитывать влияние температуры компонентов ТРК на охлаждение водорода. Измерение(я) компонента ТРК должно(ы) быть в месте(ах), где водород, как ожидается, будет самым теплым, что, как правило, будет ближайшим к ТС и ниже по потоку от измерения T_{fuel}. Место измерения должно учитывать массу компонента, его свойства теплопередачи и факторы окружающей среды. Примером может служить измерение температуры заправочной муфты или измерение температуры водорода в потоке внутри заправочной муфты. Измерение температуры компонентов колонки должно использоваться в соответствии с подпрограммой запуска колонки на основе формулы МС, см. рисунок К.1 приложения К.

Таблицы окончательных коэффициентов процедуры холодной заправки были созданы с использованием того же подхода к моделированию, что и стандартные таблицы заправки водородом. Однако таблицы конечных коэффициентов для холодной заправки не тестировались и не проверялись на том же уровне, что и стандартные таблицы конечных коэффициентов. Таким образом, производители станций должны проводить эти испытания перед использованием процедуры в рабочих условиях.

Приложение А
(обязательное)

Обоснование протокола заправки водородом

А.1 В приложении А описан подход к моделированию протокола заправки на основе таблиц. Этот протокол был разработан для заправки СХКВ типа III/IV на дорогах. Если используются другие системы хранения на транспортных средствах, рекомендуется оценить их перед внедрением этого протокола.

Имитационная модель

Модель численного моделирования использовалась для оценки изменения давления и температуры водорода внутри СХКВ. Компоненты этой модели изображены на рисунке А.1. Водород подается станцией с заданным давлением P_{fs} (соответствует $P_{station}$ в разделе 2) и заданной температуре водорода T_{fs} (соответствует T_{fuel} в разделе 2). Как давление водорода, так и температура изменяются по ходу моделирования, давление линейно увеличивается в зависимости от времени, в то время как температура может снижаться от температуры окружающей среды до значения в соответствующих категориях температуры подачи водорода (см. раздел 7). Перепад давления между заправочной станцией и СХКВ ТС используется в сочетании с коэффициентом перепада давления для расчета массового расхода $\dot{m}_{fs}$, подаваемого заправочной колонкой. Удельная энтальпия h_{fs} вычисляется по ее стационарному вкладу $h\ (P_{fu}, T_{fu})$ плюс его динамический вклад $w^2_{fu}/2$ со скоростью водорода w_{fu}. Водород со станции поступает в контрольный объем «водород в водородопроводе», где он обменивается теплом с тепловыми массами, образуемыми заправочным шлангом, трубами и деталями. Тепловые массы станции и ТС разделены. Каждая тепловая масса характеризуется своей массой, удельной теплоемкостью и теплопроводностью. Для каждой тепловой массы решается система обыкновенных дифференциальных уравнений относительно их температуры. Тепловая масса, представляющая компоненты станции, была дискретизирована в радиальном направлении, чтобы учесть одномерный температурный профиль T_{ls}. Боковая часть автомобиля моделировалась сосредоточенной массой с однородной температурой T_{fs}. Обе тепловые массы обмениваются теплом с окружающей средой при температуре окружающей среды T_{am}, соответствующие потоки тепла равны Q_{as} и Q_{av}. Они также обмениваются теплом с водородом в контрольном объеме. Коэффициент теплопередачи, основанный на уравнении Нуссельта для принудительной конвекции внутри трубы, используется для расчета двух тепловых потоков Q_{sf} и Q_{vf}. Они влияют на энтальпию H_{fu} водорода в водородопроводе, это отражается на температуре водорода T_{fu}. Водород затем поступает в СХКВ с удельной энтальпией h_{fu}. Массовый расход $\dot{m}_{io}$ через входное/выходное отверстие каждого сосуда ТС равен расходу $\dot{m}_{fs}$ из станции, деленному на количество одинаковых сосудов в СХКВ. В случае многососудных систем в качестве репрезентативного моделируется только один сосуд. Для этого сосуда решается баланс массы и энергии, чтобы получить массу водорода m и внутреннюю энергию U в любой момент времени. Предполагается, что водород внутри СХКВ все время идеально перемешан, т. е. отсутствуют пространственные градиенты. В случае заправки СХКВ расход $\dot{m}_{io}$ положителен и втекающий водород несет удельную энтальпию $h_{io} = h_{fu}$. Для моделирования выгрузки/извлечения $\dot{m}_{io}$ отрицательно, а вытекающий водород имеет удельную энтальпию водорода внутри сосуда, $h_{io} = h$. Все свойства водорода внутри сосуда (например, P, T, h) вычисляются из уравнения состояния водорода с заданной плотностью, вычисленной из массы водорода, деленной на объем сосуда, $\rho = m/V$ и заданной удельной внутренней энергии от полной внутренней энергии, деленной на массу водорода, $u = U/m$. Было использовано высокоточное уравнение состояния, описывающее все соответствующие свойства реального водорода (например, сжимаемость, эффект Джоуля-Томсона). Скорость теплопередачи Q_{li} между водородом и внутренней поверхностью баллона (лейнером) вычисляется из набора уравнений Нуссельта для различных геометрий и для вынужденной и свободной конвекции. Стенка сосуда дискретизирована в радиальном направлении, и уравнение нестационарной теплопроводности решается в одном измерении. Это дает температурный профиль T_{vw} внутри стенки сосуда в любой момент времени. На внешней поверхности стенка сосуда обменивается теплом с окружающей средой, коэффициент теплопередачи снова основан на системе уравнений Нуссельта для различных геометрий и для свободной конвекции.

Температура водорода в СХКВ увеличивается при заправке водородом за счет тепла, передаваемого от станции, тепловых масс транспортного средства, эффекта Джоуля-Томсона при дросселировании газа внутри водородопровода, а также за счет теплоты сжатия внутри СХКВ. Различные материалы и конструкции СХКВ обуславливают разную степень нагрева от сжатия при заправке водородом из-за различий в характеристиках теплопередачи, теплоемкости и объема хранения. Протокол заправки в настоящем стандарте основан на реальных данных о нагреве в экстремальных условиях в СХКВ, отражающих диапазон конфигураций современной технологии хранения. Эти условия отражаются в фиксированных параметрах расчетных моделей. Они влияют на фиксированные параметры моделирования (например, массы, площади поверхности поверхности, объемы), начальные условия всех состояний, для которых решаются обыкновенные дифференциальные уравнения (например, T_{ls}, T_{vw}, m, U) и граничные условия (например, T_{am}, T_{fs}, $\dot{m}_{ex}$).

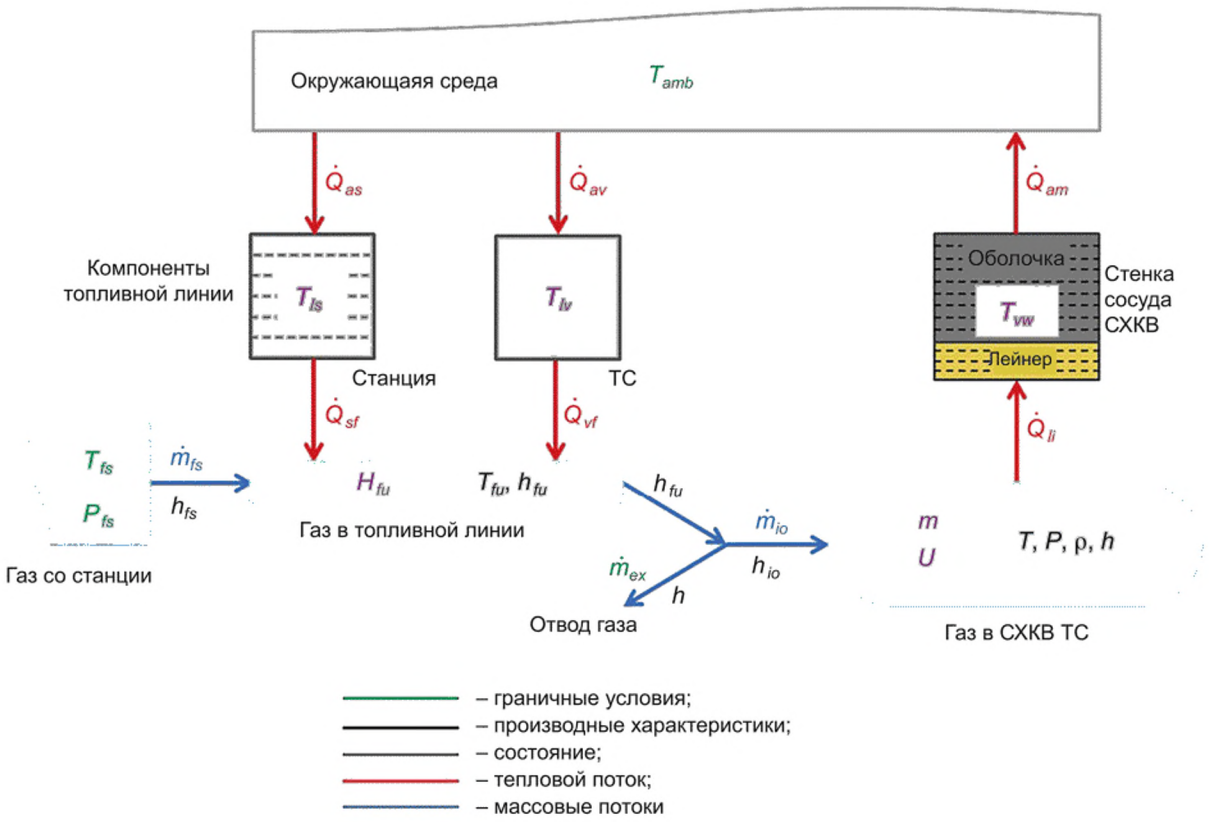


Рисунок А.1 — Имитационная модель

А.2 Общие предположения

Как указано в 4.2, существуют два основных рабочих предела, которые не должны нарушаться во время заправки водородом: верхний температурный предел 85 °С, который в основном обусловлен целостностью пластиковых материалов лейнера, и верхний предел давления, обусловленный конструкционной прочностью композитной оболочки сосудов СХКВ. Предел плотности, при котором возможна перегрузка, является лишь косвенным ограничением, поскольку он не приводит непосредственно к повреждению корпуса, хотя перегрузка в экстремально холодную погоду или при промерзании СХКВ может привести к превышению верхнего предела давления вследствие последующего повышения температуры водорода. Процедура разработки справочных таблиц в приложениях Г и Д разделена на два этапа. Каждый шаг касается соблюдения одного из двух пределов.

Первым шагом является определение средней скорости линейного изменения давления *APRR*, при которой температурный предел не будет нарушаться ни при каких возможных условиях эксплуатации. Это достигается установкой всех параметров модели, начальных условий и граничных условий таким образом, чтобы в конце процесса заправки была получена самая высокая возможная температура водорода. Это набор условий называется допущениями горячей заправки.

Второй шаг заключается в определении давлений в конце заправки (целевых давлений) таким образом, чтобы предел давления не нарушался ни при каких условиях эксплуатации. Это достигается установкой всех параметров модели, начальных условий и граничных условий таким образом, чтобы в конце процесса заправки была получена самая низкая возможная температура водорода. Далее этот набор условий называется допущениями «холодной заправки». На шаге 1 были сделаны определенные компромиссы, чтобы обеспечить более быструю заправку в условиях по умолчанию. Эти компромиссы требуют, чтобы целевое давление было ограничено на шаге 2, чтобы не нарушить верхний температурный предел посредством моделирования горячей заправки.

А.3 Допущения при расчете горячей и холодной заправки

В случае заправки без связи, информации о состоянии СХКВ, доступной для заправочной станции, крайне мало. Единственная информация, на которую может полагаться заправочная станция, это местная температура окружающего воздуха на станции и номинальная температура выдаваемого водорода. Станция также должна оценивать начальное давление внутри, путем создания кратковременного давления в водородной магистрали для открытия всех обратных клапанов в магистрали. Аналогичным образом станция должна оценить внутренний объем СХКВ.

На заправочной станции существует большое количество неопределенных параметров. В ходе разработки скоростей линейного изменения давления и целевых давлений заправки для всех неопределенных значений были сделаны две комбинации всех допущений для наихудшего случая. Таким образом можно гарантировать, что значения в таблицах учитывают определенный запас прочности. В таблице А.1 приложения А перечислены все условия, которые приводят к самой высокой (горячая заправка) и самой низкой (холодная заправка) температурам водорода в СХКВ в конце процесса заправки.

Таблица А.1 — Допущения для горячей заправки и холодной заправки

Параметр/начальные условия/граничные условия	Горячая заправка	Холодная заправка
Температура подачи водорода на станцию	Верхняя граница	Нижняя граница
Диаметр трубы станции	Маленький: 5 мм	Большой: бесконечный
Тепловая масса компонентов ТРК	Высокая тепловая масса: S2	Низкая тепловая масса: S1
Исходная температура компонентов ТРК	Температура окружающей среды	Температура окружающей среды
Тепловая масса компонентов автомобиля	Общая репрезентативная тепловая масса	
Исходная температура компонентов автомобиля	Температура окружающей среды	Температура окружающей среды
Перепад давления между ТРК и ТС	Большой: 35 МПа	Малый: 17 МПа
Тип скорости линейного изменения давления	HPRR	APRR
Проверка промежуточного давления на утечку	Нет	При увеличении давления на каждые 20,68 МПа
Геометрия баллонов СХКВ	Большие/небольшие баллоны	Небольшие баллоны
Количество баллонов в ТС	Один	Несколько одинаковых
Материал лейнера баллонов	Полимер (тип IV)	Алюминий (тип III)
Температурное условие выдержки баллонов	Горячее	Холодное
История автомобиля	Нет	Вождение с изначально полностью заправленной СХКВ

А.3.1 Температура подачи водорода на станцию

Температура подачи водорода на станцию должна оставаться в заданных пределах (см. 7.1.2).

В наборе предположений о горячем случае всегда используется верхняя граница для моделирования, которая является максимально теплым водородом, разрешенным для данного типа ТРК на протяжении всей заправки. Предполагается, что первая порция водорода находится при температуре окружающей среды, если температура окружающей среды теплее ограничения температуры подачи водорода. Эта теплая порция постепенно остывает до фактической температуры подачи водорода по линейному закону и в течение максимального времени охлаждения 30 с (см. рисунок А.2 приложения А). В тех немногих случаях, когда температура окружающей среды ниже верхней границы температуры подачи водорода, температура подачи водорода сразу же начинается с верхней границы (см. рисунок А.3 приложения А).

При моделировании холодной заправки температура подачи водорода в разрывной муфте сразу начинается с нижней границы, независимо от температуры окружающей среды (см. рисунки А.2 и А.3 приложения А). Даже в тех немногих случаях, когда температура окружающей среды ниже нижней границы температуры подачи водорода, температура подачи водорода поддерживается постоянной на уровне нижней границы.

А.3.2 Диаметр трубы станции

Внутренний диаметр трубы в месте подачи водорода внутри ТРК (т. е. там, где расположены датчики температуры и давления) определяет скорость водорода внутри трубы, которая, в свою очередь, влияет на динамический вклад в энтальпию водорода. В допущениях моделирования учитывался допустимый диапазон диаметров труб.

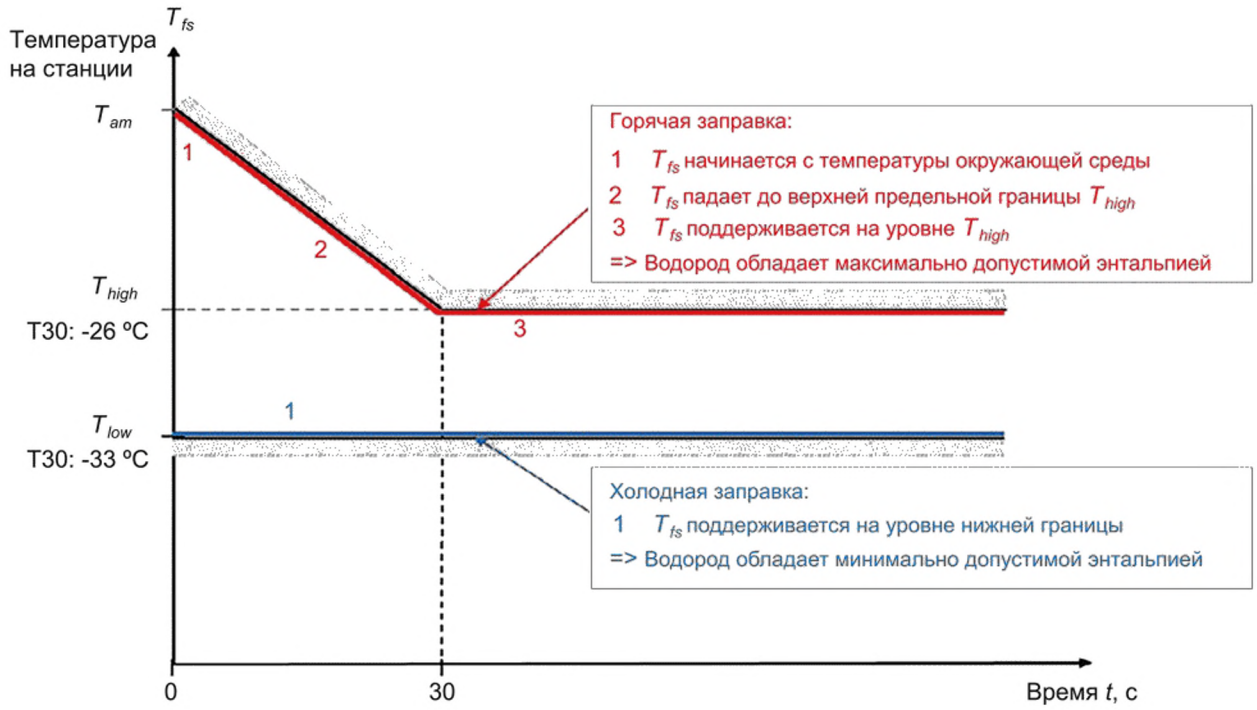


Рисунок А.2 — Температура водорода на станции, если температура окружающей среды выше, чем верхняя граница температуры подачи водорода

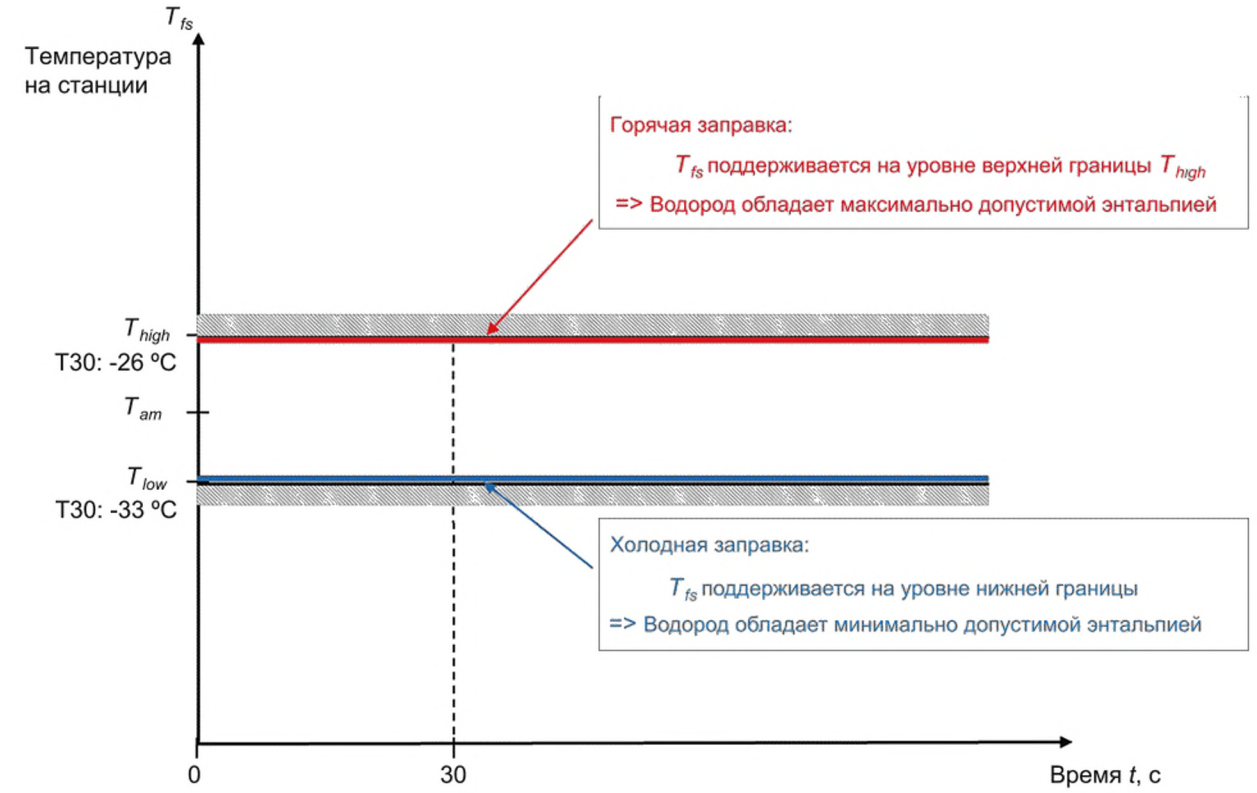


Рисунок А.3 — Температура водорода на станции, если температура окружающей среды ниже верхней границы температуры подачи водорода

При горячей заправке используется наименьший предполагаемый внутренний диаметр трубы 5 мм, что приводит к самой высокой скорости водорода и, следовательно, к самой высокой общей энтальпии для данной температуры и давления водорода.

При холодной заправке предполагается максимально возможный внутренний диаметр трубы, который считается «бесконечным» в модели. В этом случае отсутствует динамический вклад в полную энергию, соответствующую нулевой скорости водорода.

А.3.3 Компоненты водородопровода станции и транспортного средства

Поскольку параметры процесса заправки «температура подачи водорода» и «давление на станции» измеряются вблизи заправочной муфты (см. 5.2), важно учитывать тепловую массу компонентов ТРК (труба, разрывная муфта, шланг и заправочная муфта) и компонентов ТС (заправочный ниппель, трубы, клапаны и т. д.). Эти тепловые массы передают тепло водороду во время заправки за счет своей удельной теплоемкости и характеристик теплопередачи. Все параметры основаны на реальных конструкциях станций и ТС и отражают вариативность существующих конструкций.

В предположениях для горячей заправки используются параметры станции S2 (см. таблицу А.2 приложения А) с высокой теплоемкостью и большой площадью поверхности теплообмена с окружающей средой и водородом. Это представляет собой большую тепловую массу, которую необходимо охладить водородом, что, в свою очередь, отдает большое количество тепла водороду.

В холодном случае используются параметры станции S1 с малой теплоемкостью и малыми площадями теплообмена с окружающей средой и водородом.

В таблице А.2 внутренние диаметры используются только для расчета площади внутренней поверхности для теплопередачи. Эти диаметры не влияют на падение давления, которое рассчитывается независимо (см. А.3 приложения А).

Следующие допущения сделаны как для горячей, так и для холодной заправки. Существует только один набор параметров для компонентов ТС. Компоненты как станции, так и ТС изначально выдержаны при температуре окружающей среды, так как они подвергаются непосредственному воздействию условий окружающей среды и в основном состоят из нержавеющей стали, имеющей характерную высокую теплопроводность.

Таблица А.2 — Компоненты водородной магистрали станции и транспортного средства

Геометрические характеристики	Станция S1	Станция S2	Транспортное средство
Внутренний объем водорода, л	0,2	0,4	0,2
Общая внешняя длина, мм	4937	4479	5538
Внешний диаметр, мм	17	30	10
Внутренний диаметр, мм	7	10	1,3
Толщина стенки, мм	5	10	5
Масса (= эффективная тепловая масса при моделировании), кг	6	10	4
Свойства материала			
Плотность, кг/м^3	6328	3694	7900
Теплопроводность, Вт/м/К	0,5	1,5	Инф
Удельная теплоемкость, Дж/кг/К	728	558	659

А.3.4 Падение давления в водородопроводе между ТРК и ТС

Коэффициент перепада давления, используемый для расчета массового расхода, калибруется по эталонному перепаду давления, определенному в 6.2. Падение давления в нормальных условиях определяет значение коэффициента. Высокий перепад давления приводит к двум эффектам, оба из которых приводят к более высокой температуре водорода СХКВ в конце заправки: во-первых, заправка задерживается (т. е. пик массового расхода возникает позже). Следовательно, это задерживает повышение температуры внутри СХКВ и дает водороду меньше времени для теплообмена с внутренней поверхностью лейнера. Во-вторых, в СХКВ вводится больше тепла из-за эффекта Джоуля-Томсона, потому что для создания заданного массового расхода требуется более высокое давление на станции, а энтальпия водорода увеличивается с давлением.

Условие эталонного потока является функцией размера СХКВ и определяется следующим образом:

- в 1,5 раза больше среднего массового расхода, необходимого для заполнения всей емкости хранилища за 3 мин (например, для емкости 5 кг):

- массовый расход = 5000 г/180 с ·1,5 = 41,67 г/с;

- давление СХКВ автомобиля равно 10 МПа;

- температура водорода в разрывной муфте равна минус 15 °С.

При этих стандартных условиях расхода в модели заправки используется коэффициент перепада давления, рассчитываемый из перепада давления на станции, между разрывной муфтой и заправочным ниппелем, и равный 15 МПа, и перепад давления со стороны ТС, от заправочного ниппеля до СХКВ, равный 20 МПа в случае горячей, или 2 МПа в случае холодной заправки соответственно.

Моделирование горячей заправки принимает максимальный стандартный перепад давления 35 МПа от разрывной муфты до входного/выходного отверстия баллона СХКВ ТС: 15 МПа на компонентах ТРК плюс 20 МПа на компонентах ТС.

Моделирование холодной заправки предполагает более низкий перепад давления 17 МПа от разрывной муфты до входного/выходного отверстия баллона СХКВ ТС: 15 МПа на компонентах ТРК плюс 2 МПа на компонентах транспортного средства.

А.3.5 Тип скорости изменения давления

В разделе 7 установлены верхние и нижние допуски по давлению на станции. Допуски представляют собой постоянные отклонения, применяемые к линейному повышению давления. Его наклон называется средней скоростью линейного изменения давления (*APRR*). «Коридор», определяемый верхним и нижним допусками, допускает некоторое отклонение в скорости повышения давления на станции.

Рисунок А.4 приложения А иллюстрирует событие заправки, когда станция задерживает заправку на время t_{lower}, а затем увеличивает давление с возрастающей скоростью, называемой скоростью увеличения давления при горячей заправке (*HPRR*). Такая скорость приводит к более высокой конечной температуре водорода в СХКВ, поскольку больший наклон сокращает время передачи тепла от водорода в СХКВ к внутренней поверхности лейнера. Поэтому он используется для всех случаев моделирования горячей заправки. Существует постоянный коэффициент преобразования между *APRR* и *HPRR*, который вычисляют на основе параметров ширины «коридора» давления (см. рисунок А.4 приложения А):

$$APRR = HPRR \cdot (1 - (\Delta P_{lower} + \Delta P_{upper})/(\text{МРД} - P_0)).$$

Для протоколов Н70 МРД составляет 87,5 МПа, минимальное начальное давление P_0 составляет 2 МПа, а границы давления определены в разделе 7 (см. таблицу 3), поэтому это уравнение упрощается до:

$$APRR = 0{,}889 \cdot HPRR.$$

Это преобразование используют для всех циклов моделирования, включая протоколы Н70 и Н35 и циклы моделирования «долива». Протоколы Н35 не используют свое индивидуальное МРД, равное 43,8 МПа, для расчета коэффициента преобразования. Они используют общее преобразование с протоколами Н70 для обеспечения совместимости взаимодействия протоколов. Это означает, что если за частичной или полной заправкой Н35 следует заправка Н70, то оба протокола должны использовать одинаковые скорости линейного изменения во избежание перегрева.

Не существует эквивалентного рассмотрения для моделирования холодной заправки, в котором всегда используют величину *APRR* (пунктирная линия на рисунке А.4 приложения А). Окончательные справочные таблицы в приложениях Г и Д содержат значение *APRR*; значение *HPRR* не приводят.

А.3.6 Промежуточные проверки на утечки давлением

Существуют дополнительные проверки на герметичность во время заправки водородом, которые заставляют массовый поток останавливаться при заданных уровнях давления во время процесса заправки. В эти паузы тепло в СХКВ не поступает, а горячий водород внутри СХКВ продолжает отдавать тепло на внутреннюю поверхность лейнера. Промежуточные паузы для проверки на герметичность снижают конечную температуру водорода внутри СХКВ и, следовательно, являются частью набора допущений при моделировании холодной заправки. Моделирование предполагает проверку на наличие утечек во время заправки каждые 20,7 МПа при увеличении давления в заправочной колонке. При моделировании Н70 проводят три проверки на наличие утечек. Для допущений моделирования были смоделированы следующие проверки на наличие утечек: 10-секундная, 20-секундная и 30-секундная пауза для первой, второй и третьей проверки на наличие утечек соответственно.

В допущениях при моделировании горячей заправки подобный случай исключается, давление растет без перерывов.

А.3.7 Система СХКВ ТС: геометрия сосуда, количество и материал

В таблице А.3 приложения А перечислены СХКВ, использованные при разработке протокола, а также некоторые их ключевые параметры. Следует отметить, что не все они являются существующими системами СХКВ, а представляют собой совокупность параметров, разработанных в соответствии с концепцией условий горячей и холодной заправки. В таблице А.3 указано, какие СХКВ использовались для моделирования в том и другом случае.

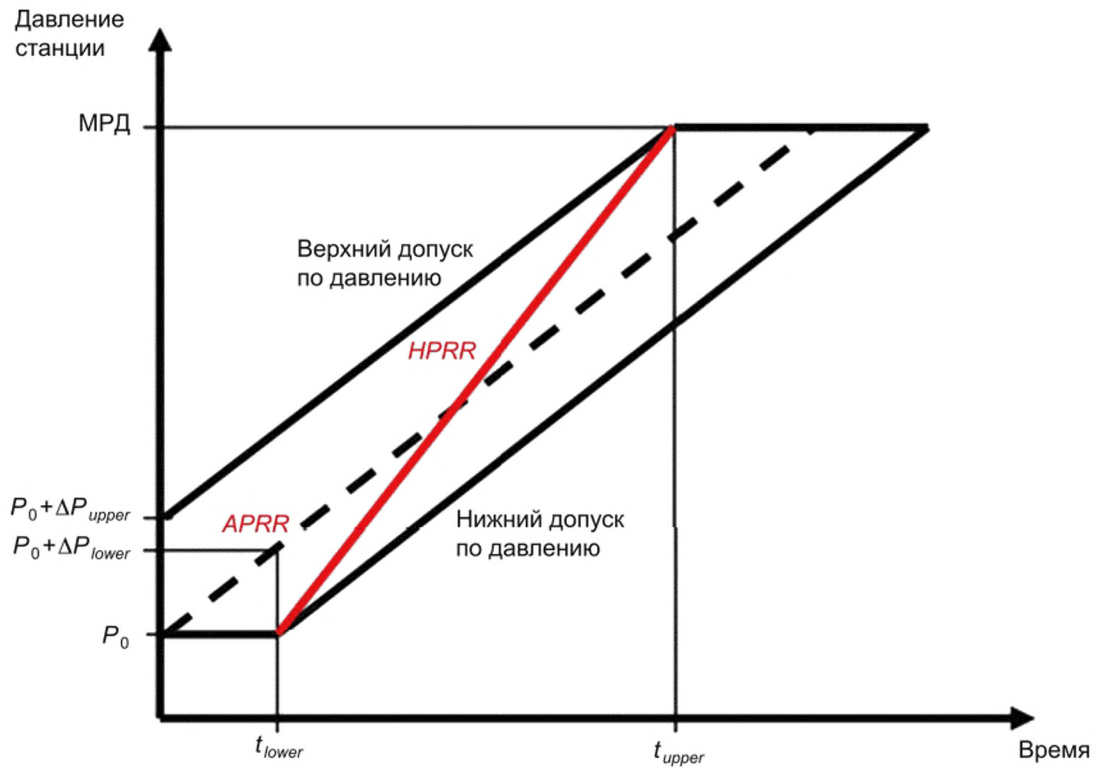


Рисунок А.4 — Скорость увеличения давления при горячей заправке (*HPRR*) и средняя скорость увеличения давления (*APRR*)

СХКВ ТС является одним из наиболее важных неопределенных элементов на заправочной станции при заправках без связи. Существует большое количество факторов, которые могут варьироваться в большом диапазоне и оказывают существенное влияние на конечную температуру водорода. Эти факторы можно разделить на три основные категории.

а) Геометрия, общая форма сосуда(ов) в СХКВ. Основными параметрами являются внутренний объем водорода, площадь внутренней поверхности и толщина стенки. Компоненты водородной магистрали станции и ТС передают заданное количество тепла водороду для его охлаждения. Чем больше баллон, тем больше он содержит водорода, поглощающего данное количество тепла; поэтому тем ниже конечная температура водорода, по сравнению с баллонами меньшего размера. В то же время большие баллоны, как правило, имеют меньшее отношение поверхности к объему, т. е. они имеют меньшую площадь теплообмена на единицу объема и, следовательно, нагреваются сильнее, чем баллоны меньшего размера. Кроме того, параметры баллонов, перечисленные в таблице А.3 приложения А, учитывают, что баллоны большего диаметра требуют большей толщины композитных стенок; это препятствует тепловому потоку в окружающую среду. Геометрия баллонов в случае горячей заправки типовая и создавалась следующим образом: малые баллоны имеют наружную длину 800 мм; диаметр увеличивается, чтобы увеличить внутренний объем водорода. Внешний диаметр ограничен 600 мм; для больших баллонов внешний диаметр фиксируется на уровне 600 мм, а внешняя длина увеличивается с увеличением внутреннего объема.

б) Количество баллонов является параметром для моделирования холодной заправки. Все моделирование случаев горячей заправки проводят с СХКВ с одним баллоном, поскольку они имеют наименьшее отношение площади поверхности к объему. Несколько небольших баллонов имеют значительно большую площадь поверхности при том же объеме и, следовательно, считаются уместными в случае моделирования холодной заправки. Все СХКВ, в случае моделирования холодной заправки, состоят из повторяющихся одинаковых сосудов по 1 кг. Например, 10-килограммовая СХКВ при моделировании холодной заправки будет состоять из 10 баллонов. Для моделирования теплообмена с компонентами водородной магистрали предполагается, что полный поток проходит тепловые массы до того, как он разделится на отдельные баллоны. Повторяющиеся сосуды не моделируются явно, моделируется только один представитель.

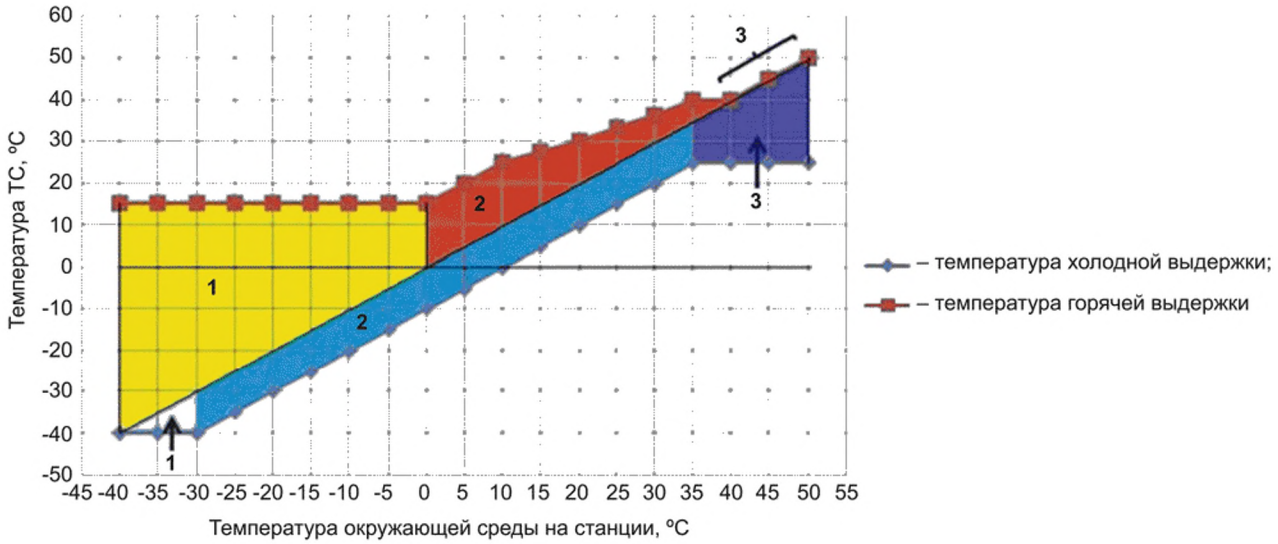
в) Материал лейнера — фактор контроля. Пластиковые лейнеры баллонов типа IV имеют чрезвычайно низкую теплопроводность, и в процессе заправки возникает большой температурный градиент по толщине вкладыша. По этой причине баллоны типа IV имеют гораздо более высокую конечную температуру водорода после заправки, по сравнению с баллонами типа III. С другой стороны, теплопроводность алюминия настолько высока, что во время заправки почти не возникает градиента температуры внутри лейнера. Температура лейнера постоянно повышается во время заправки, а сам лейнер служит теплоотводом.

Таблица А.3 — Баллоны СХКВ

Наименование показателя	Баллоны при холодной заправке		Баллоны при горячей заправке			
	1 кг— 35 МПа	1 кг— 70 МПа	2 кг— 70 МПа	4 кг— 70 МПа	7 кг— 70 МПа	10 кг— 70 МПа
	Тип III	Тип III	Тип IV	Тип IV	Тип IV	Тип IV
Общие характеристики						
Номинальное рабочее давление (НРД), МПа	35	70	70	70	70	70
Вместимость СХКВ, кг	2	2, 4, 7, 10	2	4	7	10
Вместимость баллона, кг	1	1	2	4	7	10
Количество баллонов в СХКВ	2—6	2, 4, 7, 10	1	1	1	1
Скорость выпуска топлива, г/с, не более	1,4	1,4	—	—	—	—
Скорость выпуска топлива на 1 баллон, г/с, не более	0,7—0,2	0,7—0,14	—	—	—	—
Геометрия баллона						
Внутренний объем, л	42	25	50	99	174	249
Общая внешняя длина (без горловин), мм	800	835	800	800	938	1298
Внешний диаметр, мм	300	240	347	493	600	600
Внутренний диаметр, мм	267	200	293	420	513	513
Толщина стенки лейнера, мм	3,25	3,25	5	5	5	5
Толщина стенки углепластиковой оболочки баллона, мм	13,4	16,7	22,2	31,6	38,3	30,3
Внутренняя площадь лейнера, $м^2$	0,7	0,5	0,8	1,1	1,6	2,2
Масса лейнера (эффективная тепловая масса), кг	6,0	4,7	3,6	5,1	7,4	10,1
Масса композитной оболочки (эффективная тепловая масса), кг	14,8	14,9	27,9	57,2	99,4	135,6
Материал стенки баллона						
Композитная оболочка	Композит					
Плотность, $кг/м^3$	1494	1494	1494	1494	1494	1494
Теплопроводность, Вт/м/К	0,74	0,74	0,5	0,5	0,5	0,5
Теплоемкость, Дж/кг/К	1120	1120	1120	1120	1120	1120
Лейнер	Алюминий		Полимер			
Плотность, $кг/м^3$	2700	2700	945	945	945	945
Теплопроводность, Вт/м/К	164	164	0,5	0,5	0,5	0,5
Теплоемкость, Дж/кг/К	1106	1106	2100	2100	2100	2100

А.3.8 Условия выдержки СХКВ: начальная температура

Температура СХКВ ТС (водорода и стенок резервуара) в начале заправки недоступна для ТРК и потенциально может быть выше или ниже температуры окружающей среды из-за условий транспортирования, хранения, стоянки и других условий. Отклонения температуры от температуры окружающей среды показаны на рисунке А.5 приложения А. Описание указанных зон положительных и отрицательных отклонений приведено в таблице А.4 приложения А.



1, *2*, *3* — температурные зоны (см. таблицу А.4)

Рисунок А.5 — Положительные и отрицательные температурные отклонения СХКВ в зависимости от температуры окружающей среды

Таблица А.4 — Допущения для зон положительных и отрицательных отклонений

Температуры, °С			Описание	
Окружающая среда	Отрицательное отклонение	Положительное отклонение	Отрицательное отклонение	Положительное отклонение
–40	–40	15	Отрицательная зона 1: обусловлена минимально допустимой рабочей температурой ТС –40 °С	Положительная зона 1: обусловлена условиями предварительного хранения
–30	–40	15	Отрицательная зона 2: СХКВ на 10 °С холоднее окружающего воздуха из-за особенностей климата и хранения	
0	–10	15		Положительная зона 2: СХКВ на ≤15 °С теплее окружающего воздуха из-за суточных эффектов, особенностей климата и хранения
10	0	25		
20	10	30		
35	25	40		
40	25	40	Отрицательная зона 3: ТС хранилось в гараже или на подземной парковке в условиях 15 °С	Положительная зона 3: температура СХКВ равна температуре окружающего воздуха
50	25	50		

А.3.9 Предзаправочное состояние ТС

Помимо выдержки при определенной температуре, перед заправкой ТС может участвовать в событиях добавления водорода (т. е. предварительной заправки водородом) или его извлечения (например, вождения ТС). Эти возможные события также являются еще одним источником отклонений температуры водорода внутри СХКВ от температуры окружающей среды.

При моделировании горячей заправки учитывается ряд вероятных событий, способных привести к максимально возможной температуре водорода и стенок СХКВ при заданном начальном давлении P_0. В таблицах заправки начальное давление СХКВ не используется в качестве параметра для поиска скорости увеличения давления. Вместо этого моделирование горячей заправки водородом начинается с самого низкого допустимого начального давления, независимо от фактического давления СХКВ. Это означает, что история заправки, за которой следует текущая заправка, моделировалась как одна заправка, начинающаяся при самом низком давлении. Возможные обстоятельства (заправка водородом на обочине, неисправности оборудования, процедуры обслуживания, определенные протоколы заполнения при температуре окружающей среды и т. д.) могут привести к тому, что начальная температура заполнения СХКВ будет выше, чем предполагалось в моделировании.

При моделировании холодной заправки предполагается факт вождения ТС, чтобы считать СХКВ с самыми низкими возможными температурами водорода и стенок резервуара. Температура водорода в системе хранения автомобиля снижается во время эксплуатации ТС из-за разгерметизации. Различные материалы и конструкции систем хранения ТС обладают разной степенью охлаждения во время эксплуатации. Это связано с различиями в характеристиках теплообмена, теплоемкости и накопительном объеме бортовых аккумулирующих систем. Охлаждающие эффекты при эксплуатации индивидуальны для каждого ТС. Моделирование и тестирование этих эффектов проводились в соответствии со спецификацией OEM для наихудшего случая СХКВ. История вождения ограничивала температуру и давление водорода СХКВ существующим сертификационным пределом температуры СХКВ минус 40 °С во время слива водорода и минимальным давлением в системе 0,5 МПа.

А.3.10 Этап 1 — скорость изменения давления

Скорость линейного изменения давления устанавливается так, чтобы не допустить перегрева СХКВ в наихудших условиях. Эти наихудшие условия собраны в наборе допущений для горячей заправки. Моделирование выполняется для определения наибольшей скорости линейного изменения давления, которая не приведет к перегреву СХКВ, поэтому используются параметры горячей заправки, начальные и граничные условия. Начальное давление СХКВ составляет 2 МПа. На рисунке А.6 приложения А показано моделирование заправки Н70 на диаграмме состояний «давление—температура» для примерной температуры окружающей среды 0 °С. Температура СХКВ принимается за температуру положительного отклонения 15 °С. При заправке вначале происходит быстрое повышение температуры внутри СХКВ; позже наклон кривой заправки становится более крутым, поскольку повышение давления преобладает над повышением температуры. Моделирование останавливается всякий раз, когда СХКВ «заполняется» (95 % уровня заряда) или достигает верхнего температурного предела 85 °С. Во время моделирования скорость изменения давления на станции поддерживается постоянной. Процедура вычисления оптимальной скорости линейного изменения давления, которая удовлетворяет условиям как по уровню заполнения, так и температурным условиям в конце, является итеративным процессом. Требуется ряд циклов моделирования заправки с различными скоростями изменения давления, чтобы найти оптимальную скорость изменения давления. Еще одно условие, которому должна удовлетворять оптимальная скорость линейного изменения: пиковая скорость потока в любой момент во время заправки не должна превышать 60 г/с. Это показано на рисунке А.7 приложения А. В случае превышения этого значения, скорость линейного изменения давления должна быть уменьшена, что автоматически уменьшит пиковую скорость потока. Таким образом, результирующая скорость линейного изменения давления должна удовлетворять только одному из условий:

а) конечная температура водорода достигает 85 °С (обычно это происходит при высоких температурах окружающей среды и небольших объемах СХКВ)

или

б) пиковая скорость потока достигает 60 г/с (как правило, это происходит при низких температурах окружающей среды и больших объемах СХКВ). Однако окончательный уровень заряда всегда равен 95 %. Следует также обратить внимание, что целевое значение уровная заряда 95 % является компромиссом для увеличения результирующей скорости линейного изменения давления. Окончательная цель 100 % уровня заряда никогда не может быть достигнута при заправке водородом без связи, поскольку целевое давление (см. А.5 приложения А) ограничивает конечное давление СХКВ, так что условия горячей заправки обычно приводят к значениям уровня заряда ниже 90 %.

Для получения более высоких скоростей линейного изменения давления альтернативная скорость линейного изменения давления была рассчитана таким же образом, как описано выше, но начиная с повышенного начального давления СХКВ, равного 5 МПа. В справочных таблицах в приложениях Г и Д сообщается об этой альтернативной более высокой скорости нарастания давления всякий раз, когда скорость, рассчитанная при начальном давлении СХКВ 2 МПа, не позволяет осуществить 3-минутную заправку. Случаи, в которых сообщается о более высоких скоростях линейного изменения, могут быть идентифицированы вариантом «долив» в таблицах заправки связи. Более высокая скорость линейного изменения давления потенциально может привести к перегреву СХКВ, если фактическое начальное давление ниже 5 МПа. Мерой предосторожности во избежание этого является снижение целевого давления, что описано в А.5 приложения А.

Скорости изменения давления были определены для наименьшей и наибольшей СХКВ в каждой размерной категории, поскольку заранее нельзя сказать, какая из них будет ограничивать скорость изменения давления. Причинами этого являются два противоположных эффекта. С одной стороны, меньшая СХКВ имеет более высокое отношение поверхности к объему; это приводит к более низкой конечной температуре водорода из-за лучшей теплоотдачи к лейнеру. С другой стороны, СХКВ меньшего размера получает такое же фиксированное количество дополнительного тепла от водородопровода, что вызывает большее повышение температуры водорода внутри корпуса по сравнению со случаем СХКВ большего размера.

Самые быстрые скорости нарастания давления, указанные в справочных таблицах, дополнительно ограничиваются верхним значением 28,5 МПа/мин. Эта верхняя граница позволяет заправить СХКВ по протоколу Н70 от 2 до 87,5 МПа ровно за 3 мин. Это достигается при низких температурах окружающей среды в большинстве протоколов для категорий емкости СХКВ А и В.

Ограничение пикового массового расхода актуально только в случаях категории емкости СХКВ С при низких температурах окружающей среды. Результирующая скорость изменения давления составляет 19,9 МПа/мин для всех низких температур окружающей среды. Это позволяет производить заправку от 2 до 87,5 МПа за 4,3 мин.

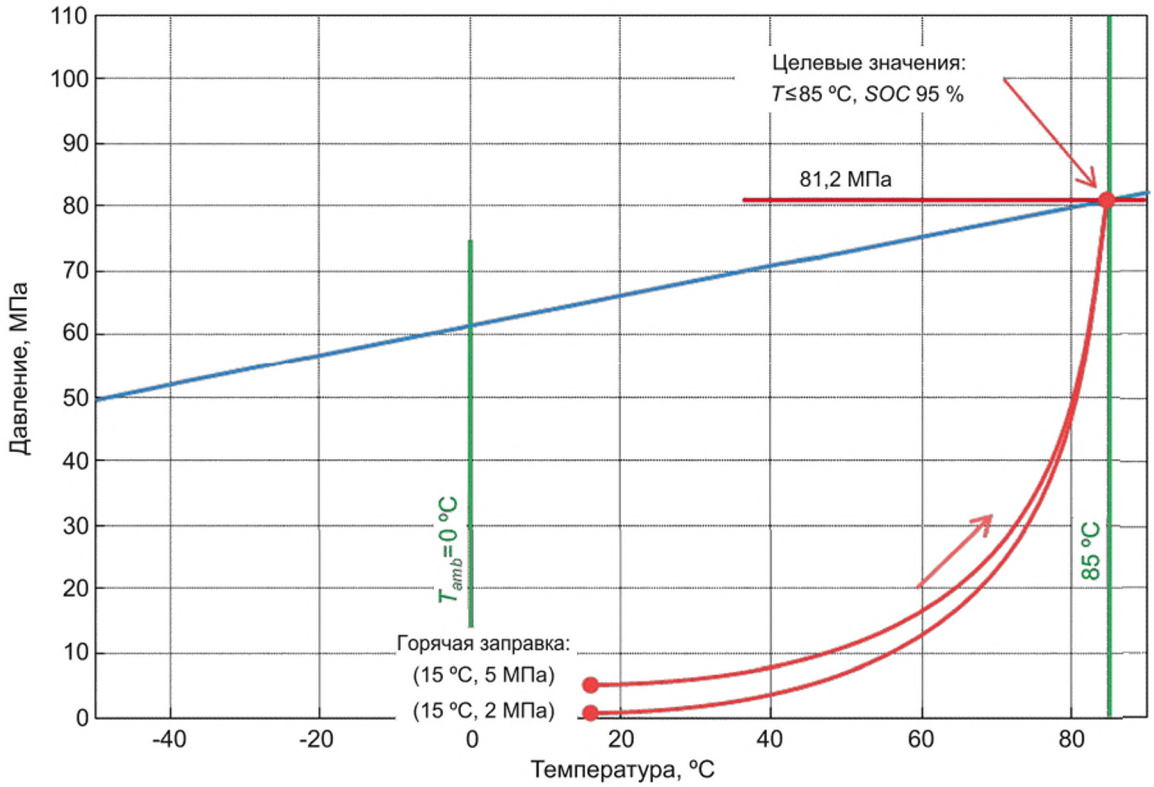


Рисунок А.6 — Этап 1 — моделирование скорости линейного изменения давления

Скорости линейного изменения давления были разработаны только для Н70 СХКВ. Все протоколы Н35 используют те же скорости изменения давления, что и соответствующие протоколы Н70. В соответствующих протоколах для расчетов использовались одни и те же параметры баллонов при моделировании: для Н35 СХКВ категории В (от 2,4 до 4,2 кг) использовались те же параметры, что и для Н70 СХКВ категории В (от 4 до 7 кг), а для Н35 СХКВ категории С (от 4,2 до 6,0 кг) использовались те же параметры, что и для Н70 СХКВ, категории емкости С (от 7 до 10 кг). Такая процедура была выбрана специально для обеспечения безопасного взаимодействия протоколов заправки, т. е. частичная заправка Н35 может быть продолжена заправкой Н70 и наоборот.

В протоколах заправки со связью используются те же скорости изменения давления, что и в протоколах заправки без связи. Это обеспечивает безопасное взаимодействие протоколов, т. е. неполная заправка со связью может продолжаться после заправки без связи, и наоборот. Преимущество заправки со связью перед заправкой без таковой состоит в более высоком уровне заполнения в конце заправки, но не в более быстрой заправке. Заправка со связью занимает больше времени, чем заправка без связи, потому что она прекращается позже, при более высоком целевом давлении.

При разработке стандарта не учитывались условия, при которых ТС заправляется с использованием нескольких заправочных колонок. Скорости изменения давления для заправок Н35 и Н70 подбирались таким образом, чтобы свести к минимуму возможность перегрева в случае, когда пользователь сначала заправляется при Н35, а затем завершает заправку при Н70. Хотя это сводит к минимуму возможность перегрева, но не устраняет ее полностью, особенно если обе ТРК теплые в начале каждой заправки.

Примеры не полностью рассмотренных сценариев заправки:

- заправка по Н35, затем заправка по Н70 без связи;
- несколько заправок по Н70, каждая на отдельных ТРК.

При одном из вышеперечисленных случаев температура водорода в СХКВ может превысить предельную, однако вероятность возникновения этих случаев мала. По этой причине, а также из-за сложности ограничений, накладываемых на протоколы заправки этими случаями, они не рассматривались.

Станции должны использовать общие категории температуры подачи водорода на всех ТРК, так как это снижает риск превышения предела температуры водорода в СХКВ при этих маловероятных случаях.

А.3.11 Этап 2 — целевое давление

Второй шаг в определении процесса заправки состоит в вычислении целевого давления (т. е. давления на станции, при котором процесс заправки завершается) так, чтобы параметры СХКВ оставались в своих рабочих

пределах при любых вероятных условиях. С этой целью были сделаны допущения моделирования холодной заправки. С учетом двух допущений, внесенных в расчет скоростей линейного увеличения давления на этапе 1 (т. е. ориентируясь на 95 %-ный уровень заряда вместо 100 %-ного и начиная с 5 МПа в некоторых случаях), также требуется смоделировать процесс горячей заправки, чтобы исключить возможность перегрева.

А.3.12 Целевое давление без связи

На рисунке А.7 показано моделирование холодного случая для примера Н70 при температуре окружающей среды 0 °С и давлении СХКВ 0,5 МПа перед заправкой водородом. Моделирование холодного случая начинается с полной СХКВ (100 %-ный уровень заряда), пропитанного при температуре холодного пропитывания минус 10 °С. Водород в системе слит в моделировании истории вождения, обозначенном пунктирной линией. Когда температура водорода СХКВ достигает нижнего рабочего предела минус 40 °С, массовый расход экстракции снижается, чтобы поддерживать более низкую рабочую температуру, в то время как давление продолжает падать. Моделирование истории останавливается, когда давление в СХКВ достигает начального давления заправки в СХКВ P_0. В примере было выбрано значение 0,5 МПа. Начальное давление СХКВ является вторым измерением в справочных таблицах (температура окружающей среды является первым). Окончательные значения состояний СХКВ (т. е. масса водорода, внутренняя энергия и температура стенок T_{vw}) используются для инициализации моделирования заправки. Моделирование подачи водорода в холодном случае останавливается, когда уровень заряда достигает значения 100 %, и в результате сохраняется соответствующее давление СХКВ P_{CC}. Ни в одной итерации при моделировании холодных условий не достигался температурный предел 85 °С. Моделирование холодного случая проводилось только для более крупной СХКВ в каждой размерной категории, потому что два противоположных эффекта, описанные для моделирования горячего случая на шаге 1, не существуют одинаковым образом. Размер СХКВ варьируется в предположениях холодного случая только количеством одинаковых сосудов в системе (Н70: 2, 4, 7 или 10), геометрия сосудов всегда одинакова. Следовательно, все СХКВ имеют одинаковое отношение поверхности к объему. Однако дополнительное количество тепла, поступающее от тепловых масс водородопровода, равномерно распределяется по всем сосудам в системе. Следовательно, самая большая система с наибольшим количеством сосудов будет иметь самую низкую температуру водорода.

На этапе 2 моделирование горячих случаев не проводилось. Вместо этого предел давления горячего СХКВ устанавливается равным значению из целевого показателя заправки на этапе 1 при 95 %-ном уровне заряда и 85 °С; это 81,2 МПа и 41,1 МПа для протоколов Н70 и Н35 соответственно. Тот факт, что некоторые заправки в горячих условиях, начиная с давления ниже 2 или 5 МПа (в зависимости от выбранной модели на этапе 1), будут перегреваться при заправке до P_{HC}, не принимался во внимание.

Для каждой температуры окружающей среды и начального давления СХКВ существует два ограничения давления водорода СХКВ: P_{CC} из моделирования холодного случая и P_{HC} для рассмотрения горячего случая. Меньшее из двух значений используется как предел конечного давления СХКВ. Целевые значения давления, указанные в справочных таблицах в приложениях Г и Д, представляют собой конечное моделируемое давление на станции, если предельным является холодный вариант, в противном случае 81,2 МПа. Ожидается, что конечное давление водорода внутри СХКВ будет меньше целевого давления заправки из-за перепада давления от ТРК к СХКВ. Проверка справочных таблиц Н70 показывает, что предел давления в горячих условиях P_{HC} никогда не активен, поскольку все конечные давления моделирования в холодных условиях ниже.

После определения целевых давлений заправки было проведено моделирование горячего случая для всех начальных давлений (особенно низких давлений менее 5 МПа) с остановкой на целевом давлении для проверки конечных температур водорода. Оказалось, что никакое моделирование горячих условий не приводит к перегреву. Причиной этого является тот факт, что все целевые давления определяются моделированием холодного случая, и заправка всегда прекращается раньше, чем 81,2/41,1 МПа.

А.3.13 Целевое давление при заправке со связью

Связь между заправочной станцией и ТС (см. [1]) используется для увеличения конечного уровня заряда. Это означает, что заправочная станция полагается на сигнал, полученный от ТС, для повышения целевого давления. Скорость нарастания давления такая же, как и при заправке без связи, чтобы обеспечить безопасное взаимодействие протокола (например, переключение с частичной подачи водорода на связь без связи или наоборот. Информация, полученная от ТС, не классифицируется как Asil/Sil по какому-либо стандарту. Это означает, что СХКВ должен оставаться в пределах своих сертификационных пределов, даже если при обмене данными передаются неверные данные. Ключом к повышению целевого давления является предположение, что все соответствующие сосуды под давлением проходят испытания (см. [3]). Для ТС, работающих на водороде и водородных элементах (см. [2]) требуются гидравлические испытания с десятью циклами до 150 % НРД, чтобы устранить возможное избыточное давление на заправочной станции. Для СХКВ на 70 МПа это давление 105 МПа. Это означает, что при нарушении связи давление в СХКВ может однократно достигать значения 105 МПа. Это не нормальное рабочее давление; его следует рассматривать как исключение, возникающее только в случае сбоя связи.

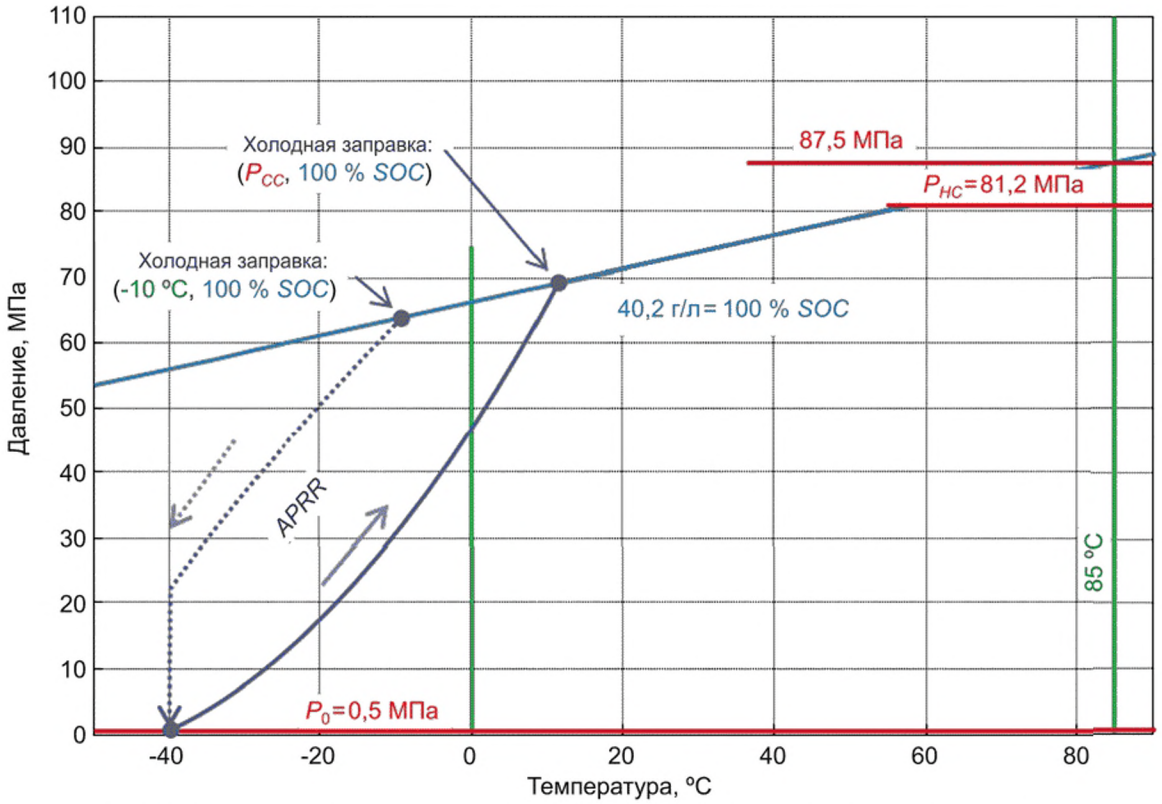


Рисунок А.7 — Этап 2 — моделирование целевого давления при заправке без связи

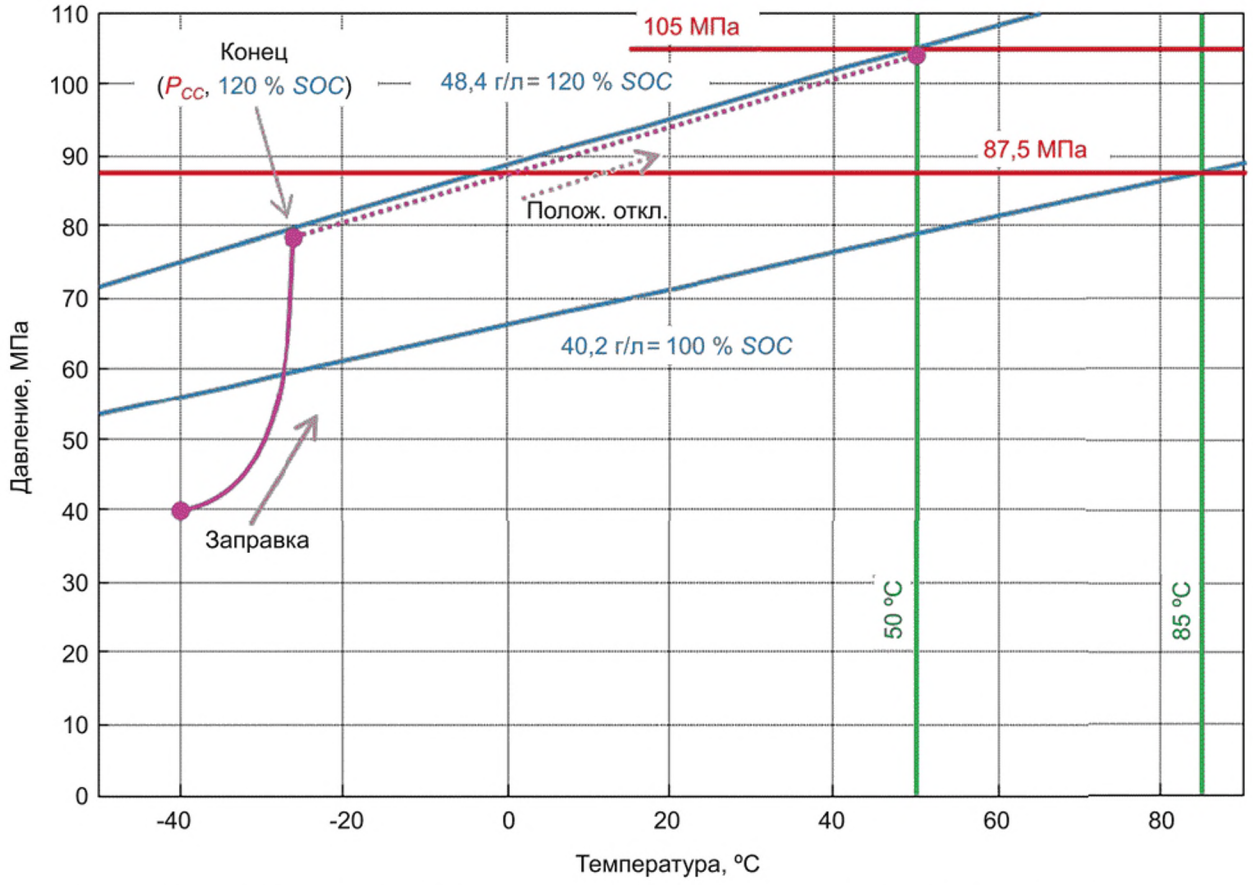


Рисунок А.8 — Этап 2 — заправка со связью: обоснование ограничения — 120 %-ный уровень заряда

Рисунок А.8 иллюстрирует обоснование повышения целевого давления для протоколов заправки со связью. Верхний предел давления, который может возникнуть один раз и только в случае нарушения связи, составляет 105 МПа. Этот предел давления может быть достигнут при следующем развитии событий, даже если целевое давление связи ниже 87,5 МПа. Рассмотрим заправку в холодных условиях при низкой температуре окружающего воздуха и среднем начальном давлении СХКВ. Эта заправка прекращается при 120 %-ном уровне заряда при температуре водорода СХКВ ниже 0 °С. Конечное давление РСС внутри СХКВ значительно ниже 87,5 МПа. Впоследствии СХКВ подвергается воздействию различных условий окружающей среды (например, транспортируется в другое более теплое место или ТС стоит на полугодовой стоянке, начиная с зимы и заканчивая летом). В конце концов, СХКВ может быть выдержано в горячем состоянии при температуре окружающей среды 50 °С. Соответствующая температура горячей выдержки составляет 50 °С (см. таблицу А.4 приложения А). При этой температуре давление водорода в СХКВ достигнет ровно 105 МПа. Уровень заряда, равный 120 %, выбран в качестве целевого уровня заряда для расчета конечных давлений P_{CC} в холодном состоянии.

На рисунке А.9 показано моделирование холодного случая для примера Н70 при температуре окружающей среды 0 °С и давлении СХКВ 0,5 МПа перед заправкой водородом. Как и в моделировании без связи, моделирование холодного случая начинается с полного СХКВ (100 %-ный уровень заряда), пропитанного при температуре холодного пропитывания минус 10 °С. Система сливается от водорода в моделировании истории движения, соблюдая нижний температурный предел и останавливаясь при начальном давлении заправки P_0; это обозначено пунктирной линией. Окончательные значения состояний СХКВ используются для инициализации имитации заправки. Моделирование холодного случая останавливается, когда уровень заряда достигает значения 120 %, и в результате сохраняется соответствующее конечное давление СХКВ P_{CC}. Как и прежде, моделирование холодного случая проводилось только для большего размера СХКВ в каждой размерной категории, потому что меньший размер всегда заканчивается при более высоком давлении.

Моделирование горячего случая начинается с измеренного начального давления СХКВ P_0 (возможная история заправки игнорируется) и температуры горячего насыщения 15 °С. Система заправляется *HPRR*, и моделирование останавливается, когда достигается верхний температурный предел 85 °С. В результате сохраняется соответствующее давление P_{HC}. Как и в шаге 1, моделировались сосуды наименьшего и наибольшего размера для каждой размерной категории.

Для каждой температуры окружающей среды и начального давления СХКВ есть три конечных давления водорода СХКВ (один результат P_{CC} в холодном случае и два P_{HC} в горячем случае). Предельным случаем является прогон моделирования с самым низким конечным давлением СХКВ. В справочных таблицах в приложениях Г и Д значения конечного давления моделирования на станции для предельного случая представлены в качестве целевого давления. Ожидается, что конечное давление водорода внутри СХКВ будет меньше целевого давления заправки из-за перепада давления от ТРК к СХКВ. В результате теперь все симуляции горячих случаев определяют целевое давление. Это связано с тем, что ограничение 120 % для моделирования холодного случая приводит к очень высоким давлениям, обычно превышающим 87,5 МПа.

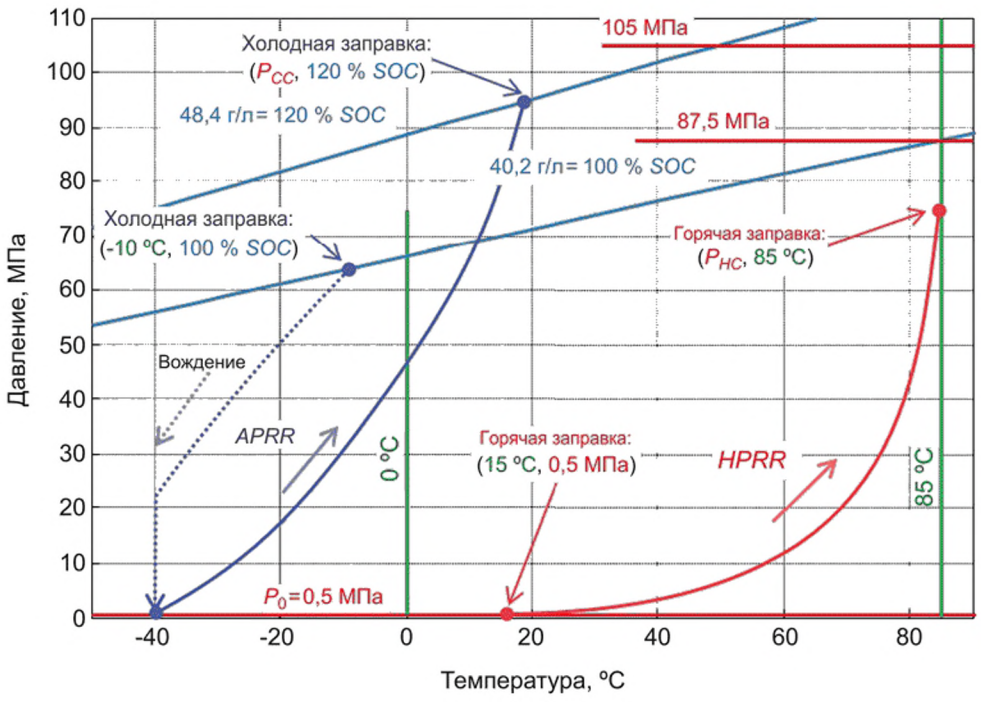


Рисунок А.9 — Шаг 2 — моделирование целевого давления связи

А.3.14 Долив при заправке со связью

Чтобы увеличить *APRR* для стандартных заправок, описанных выше, начальное давление СХКВ для моделирования этапа 1 (стандартная заправка) было увеличено с 2 до 5 МПа, если моделирование с 2 МПа давало неудовлетворительное время заправки более 3 мин. Имея преимущества для заправок при всех температурах окружающей среды и при начальных давлениях, равных или превышающих 5 МПа, эта методология снизила максимально возможный уровень заряда для заправок, начинающихся с начальных давлений в СХКВ менее 5 МПа, при каждой температуре окружающей среды, для которой применяется более высокая скорость изменения скорости. Контрмерой, позволяющей избежать очень низкого уровня заряда, является так называемый долив, применяющийся для заправки со связью с учетом [1].

Долив представляет собой непрерывную заправку со сниженной скоростью изменения давления, которая начинается сразу после стандартной заправки. Это позволяет станции осуществлять долив без прерывания заправки, но с уменьшенным *APRR* дозаправки и новым целевым давлением дозаправки. На рисунке А.10 показана успешная стандартная заправка водородом с последующим доливом.

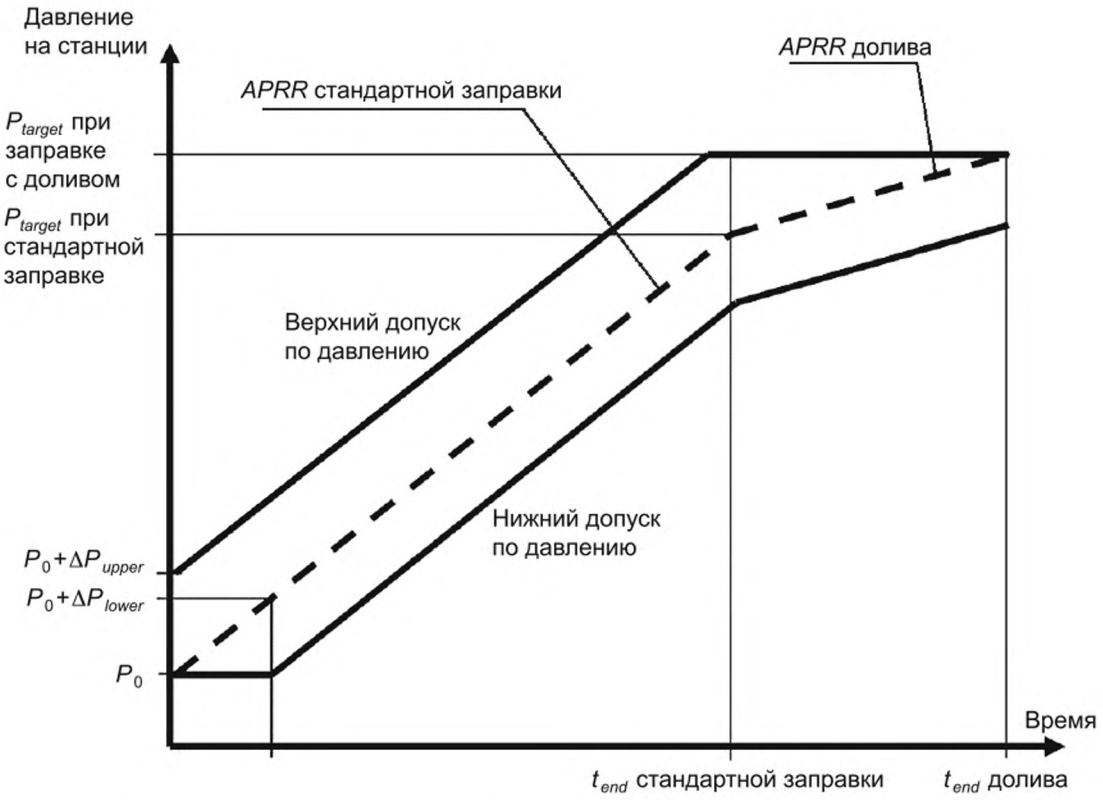


Рисунок А.10 — Границы давления на станции для стандартной и доливочной заправки

Расчет скорости увеличения давления при доливе и целевого давления следует той же двухэтапной процедуре, что и расчет стандартной скорости увеличения давления и его целевого значения.

А.4 Этап Т1 — скорость увеличения давления при доливе

Скорость увеличения давления при доливе была разработана итеративно таким же образом, как и стандартная скорость увеличения давления, путем нахождения значения скорости увеличения давления, при которой горячая заправка завершается при 100 %-ном уровне заряда без нарушения температурного предела 85 °С. Моделирование истории заправки выполняется для инициализации состояний СХКВ в конце стандартной заправки. В данной истории заправки используют допущения горячей заправки; при начальном давлении 0,5 МПа подается водород со скоростью *HPRR*, и заканчивается при табличном целевом давлении заправки со связью. Это показано на рисунке А.11. Раздаточная колонка должна поддерживать температуру на разрывной муфте, сохраняя стандартную температуру подачи водорода без дополнительного времени на охлаждение. Конечное давление СХКВ P_{hc} используется впоследствии при определении целевого давления долива. Полученная *HPRR* затем преобразуется в *APRR* с использованием того же коэффициента преобразования, что и на этапе 1. Он применяется ко всем случаям долива, которые следуют за стандартными заправками, начиная с 0,5 МПа и 5 МПа. Моделировался только тот размер СХКВ, который ограничивал стандартное целевое давление заправки водородом.

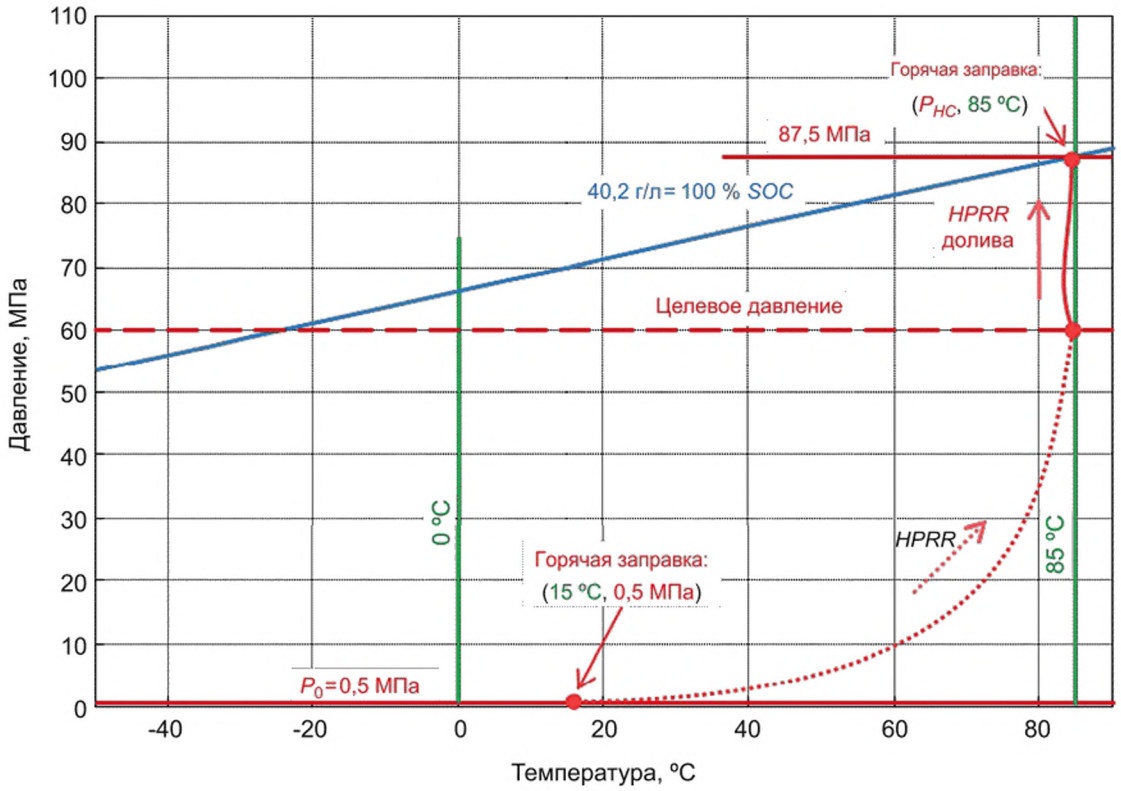


Рисунок А.11 — Этап Т1 — моделирование скорости линейного изменения давления при доливе

А.4.1 Этап Т2 — целевое давление при заправке с доливом

Моделирование холодной заправки с доливом использовалось для определения максимального конечного давления для предотвращения избыточной заправки. Как и в шаге 2 для заправки со связью, использовалось ограничение уровня заряда 120 % (см. рисунок А.12 приложения А). Моделирование учитывает два фактора: во-первых, историю вождения, как описано выше; во-вторых, стандартный процесс заправки, который инициализируется с конечными состояниями из моделирования истории вождения, заправляется с помощью *APRR* и заканчивается при табличном целевом давлении связи. Окончательные состояния СХКВ затем используются для инициализации моделирования процесса долива. Моделирование заканчивается при 120 %-ном уровне заряда, и записывается конечное давление P_{CC}.

Меньшее из двух конечных давлений P_{CC} и P_{HT} ограничивает целевое давление долива. Конечное давление на заправочной станции из предельного моделирования используется в справочных таблицах.

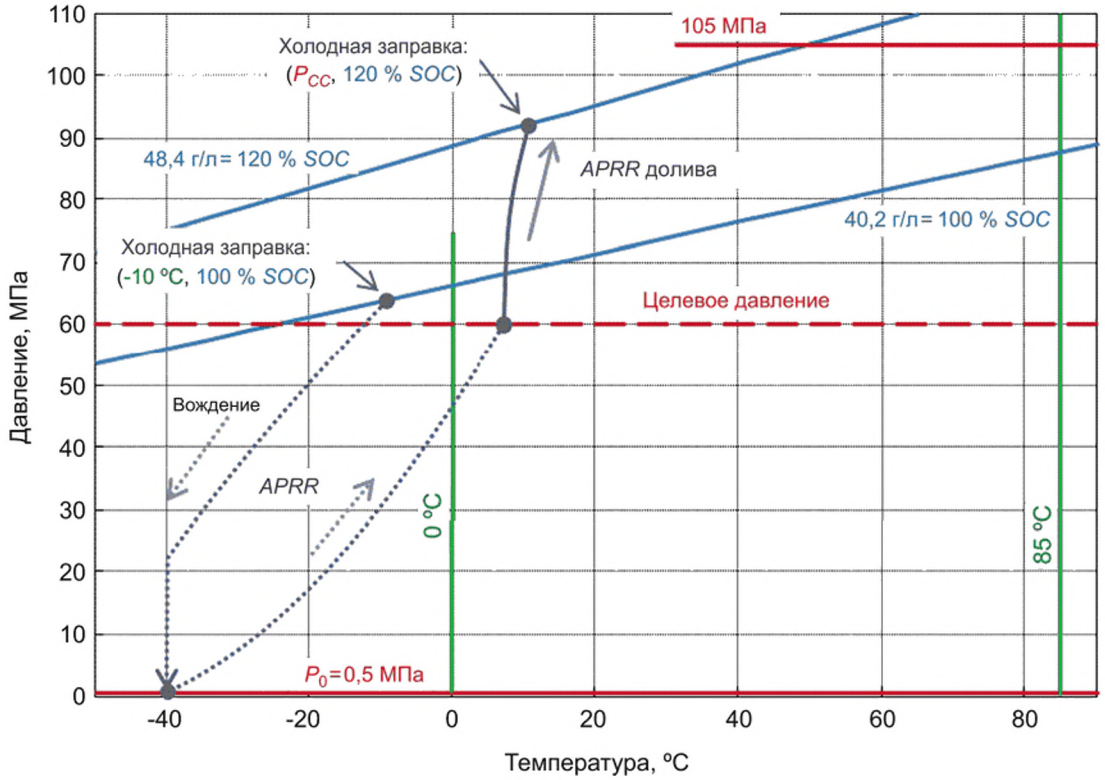


Рисунок А.12 — Этап Т2 — моделирование целевого давления доливки

А.5 Этап 3 — проверка функциональности

Шаги 2—3: Моделирование, выполненное в условиях горячей заправки, останавливается при температуре 85 °С, расходе 60 г/с или 100 %-ном уровне заряда, в зависимости от того, что будет достигнуто раньше. Это гарантирует, что результирующее конечное давление также приведет к средней температуре водорода СХКВ ниже 85 °С.

А.6 Охлажденная ТРК

Были созданы дополнительные справочные таблицы для повышения скорости заправки для случая, когда оборудование станции предварительно охлаждено. Моделирование, выполненное для создания этих таблиц, идентично описанному ранее, со следующими двумя изменениями в рамках условий горячей заправки: во-первых, начальная температура станции равна не температуре окружающей среды, а заданной табличной температуре (0 °С или минус 10 °С), но только в том случае, если заданная температура ниже температуры окружающей среды. Затем станция снижает свою начальную температуру до верхней допустимой температуры за 30 с. Эту процедуру можно представить на рисунке А.2, заменив температуру окружающей среды заданной начальной температурой станции. Во-вторых, температура T_{ls} компонентов водородопровода станции инициализируется той же заданной температурой, а не окружающей средой.

Затем все скорости изменения давления рассчитывают, как описано выше. Из-за пониженной начальной температуры станции и водородопровода по сравнению с таблицами по умолчанию достигается более высокая скорость линейного изменения давления, особенно при высоких температурах окружающей среды.

Все последующие этапы расчета целевого давления (без связи и с ней), а также скорости увеличения давления при доливе со связью и целевого давления были пересчитаны в соответствии с той же процедурой, что описана ранее, но с использованием модифицированных допущений и новой скорости увеличения давления.

Приложение Б
(обязательное)

Блок-схемы подпрограмм

Б.1 В соответствии с 7.7 в настоящем приложении описаны блок-схемы подпрограмм для заправки водородом на основе таблиц (см. рисунки Б.1—Б.9).

Б.1.1 Общая блок-схема подпрограмм представлена на рисунке Б.1.

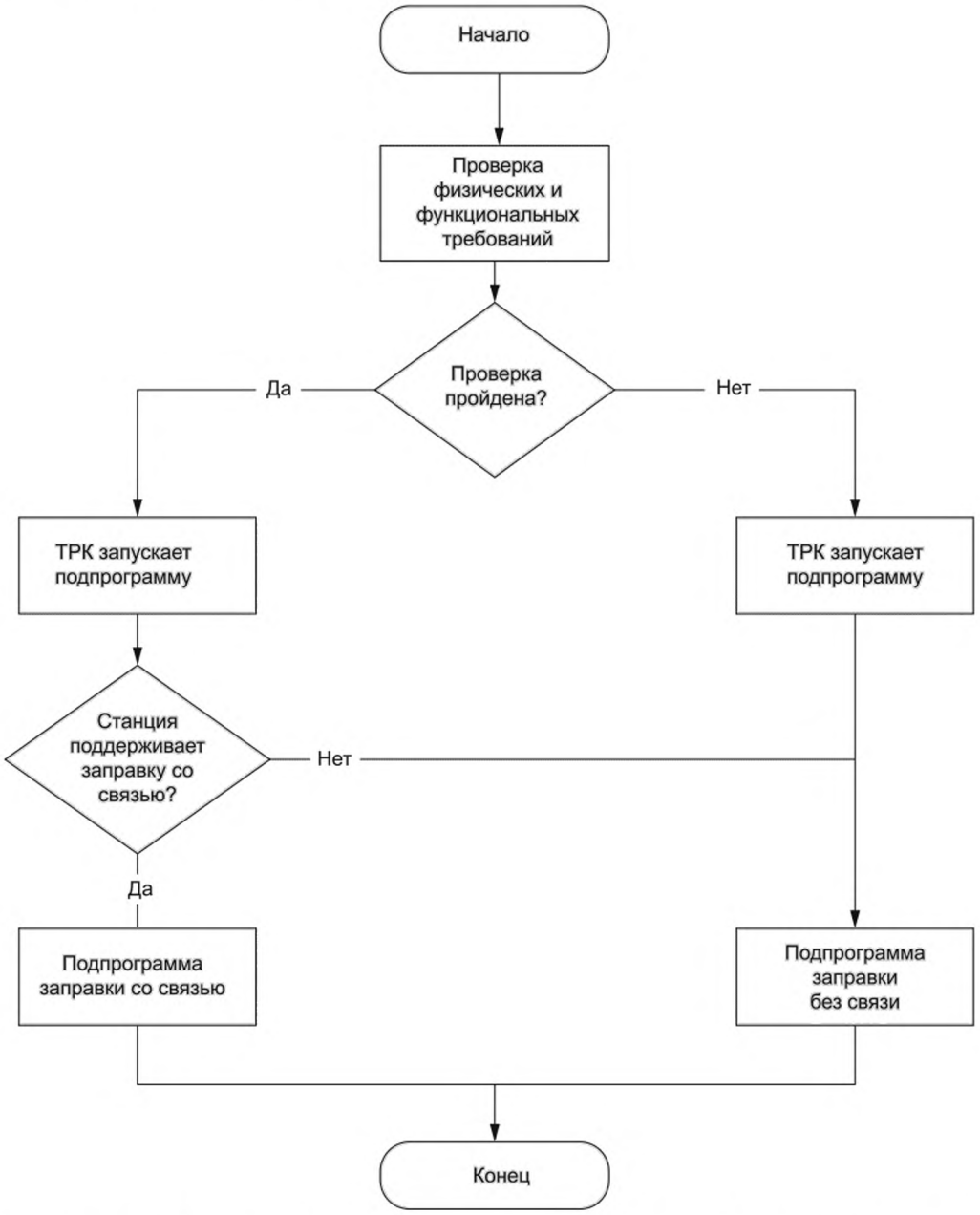
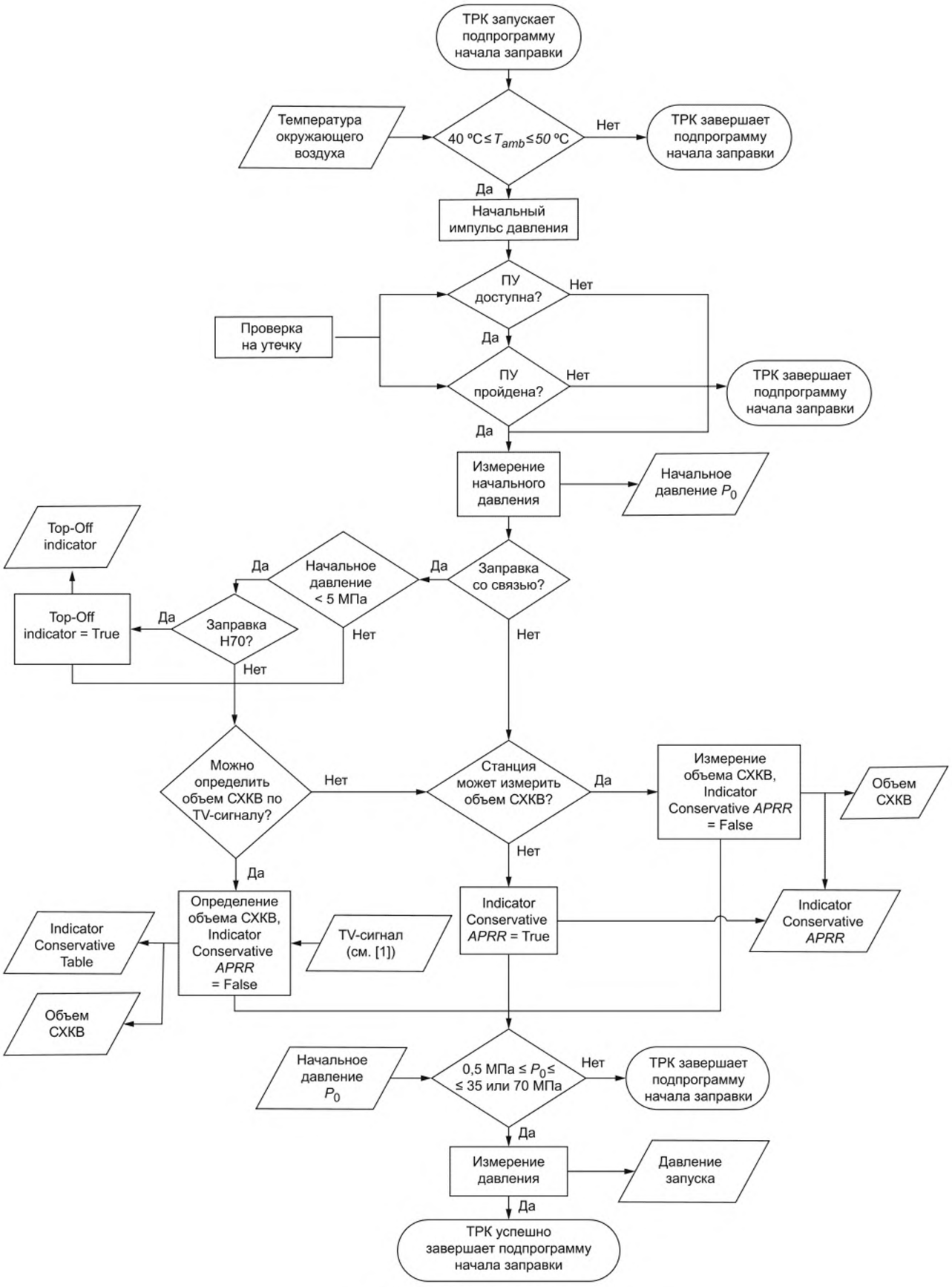


Рисунок Б.1 — Обзор заправки водородом на основе таблицы 0,5 МПа ≤ P_0 ≤ 35 или 70 МПа



ПУ — проверка на утечку

Рисунок Б.2 — Общая подпрограмма запуска ТРК

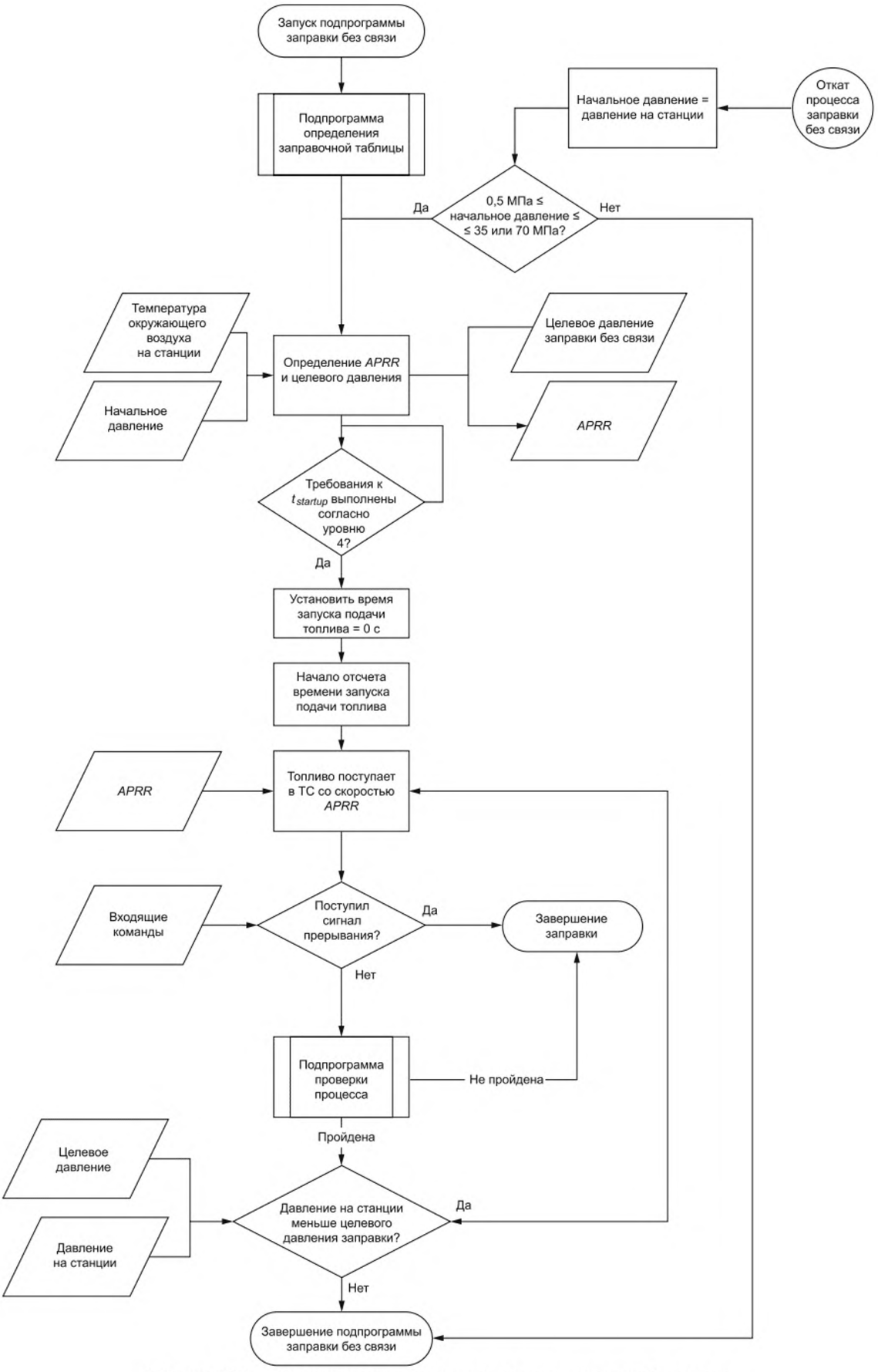


Рисунок Б.3 — Запуск подпрограммы процесса заправки без связи

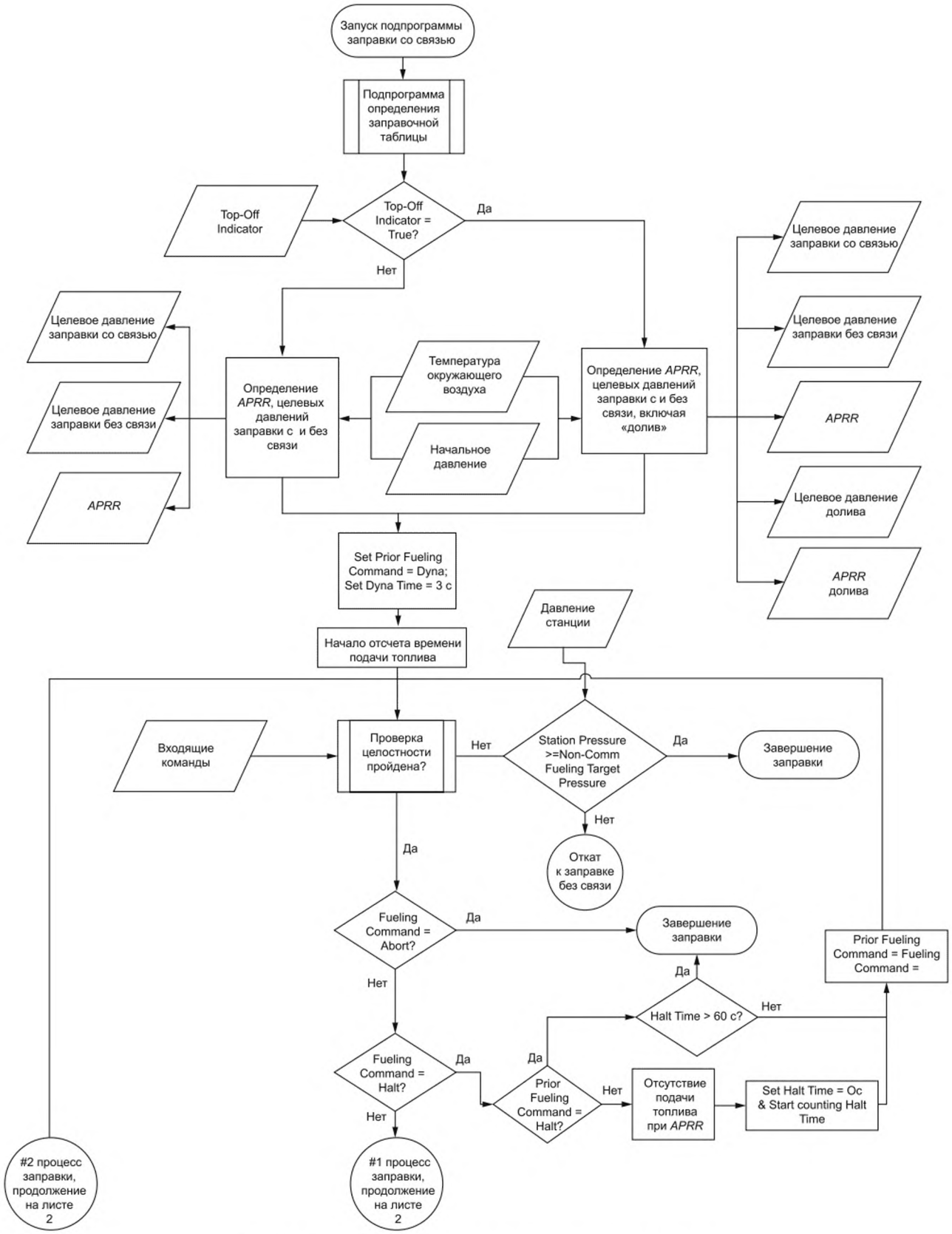


Рисунок Б.4 — Подпрограмма запуска заправки со связью

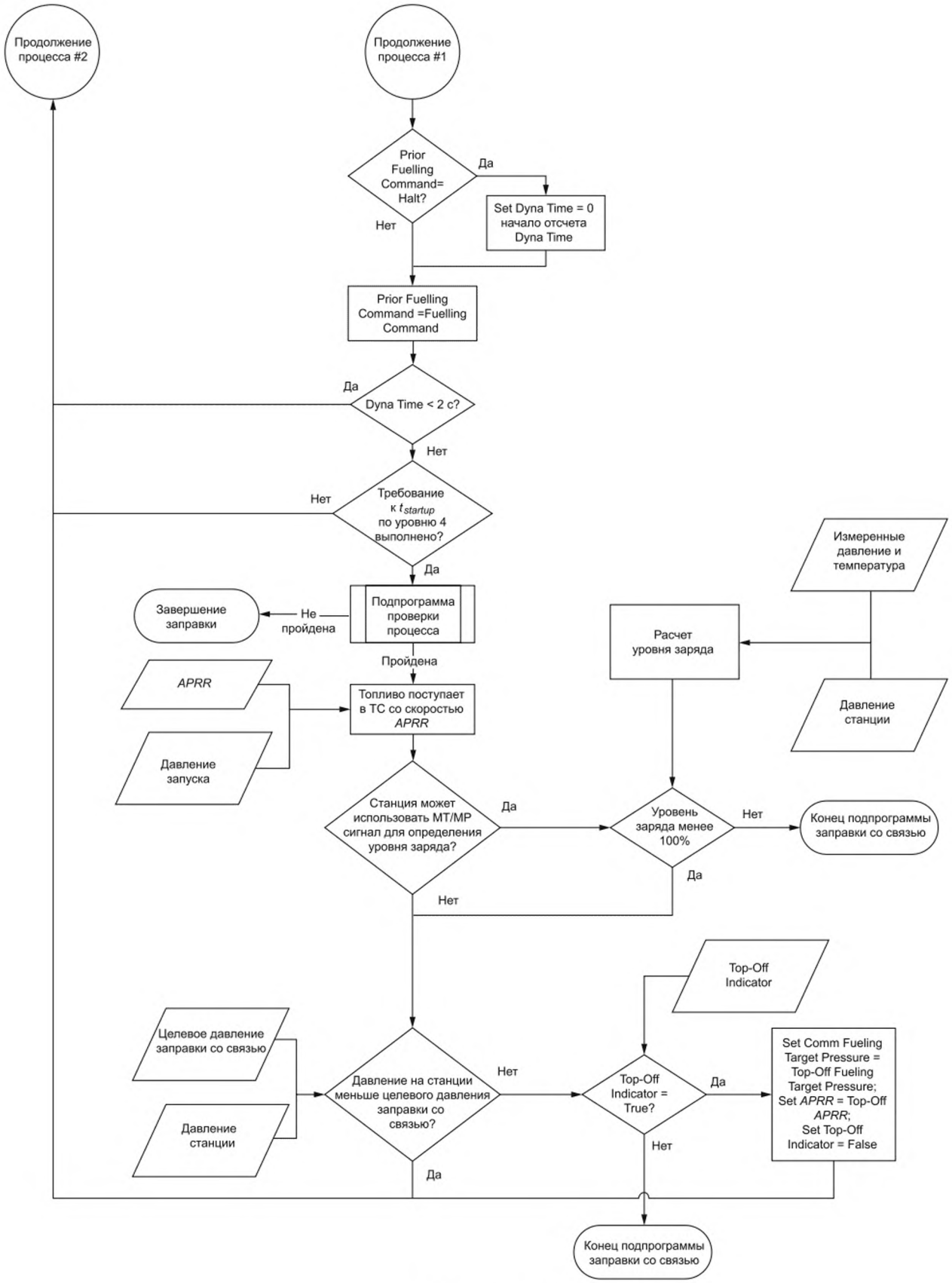


Рисунок Б.4, лист 2

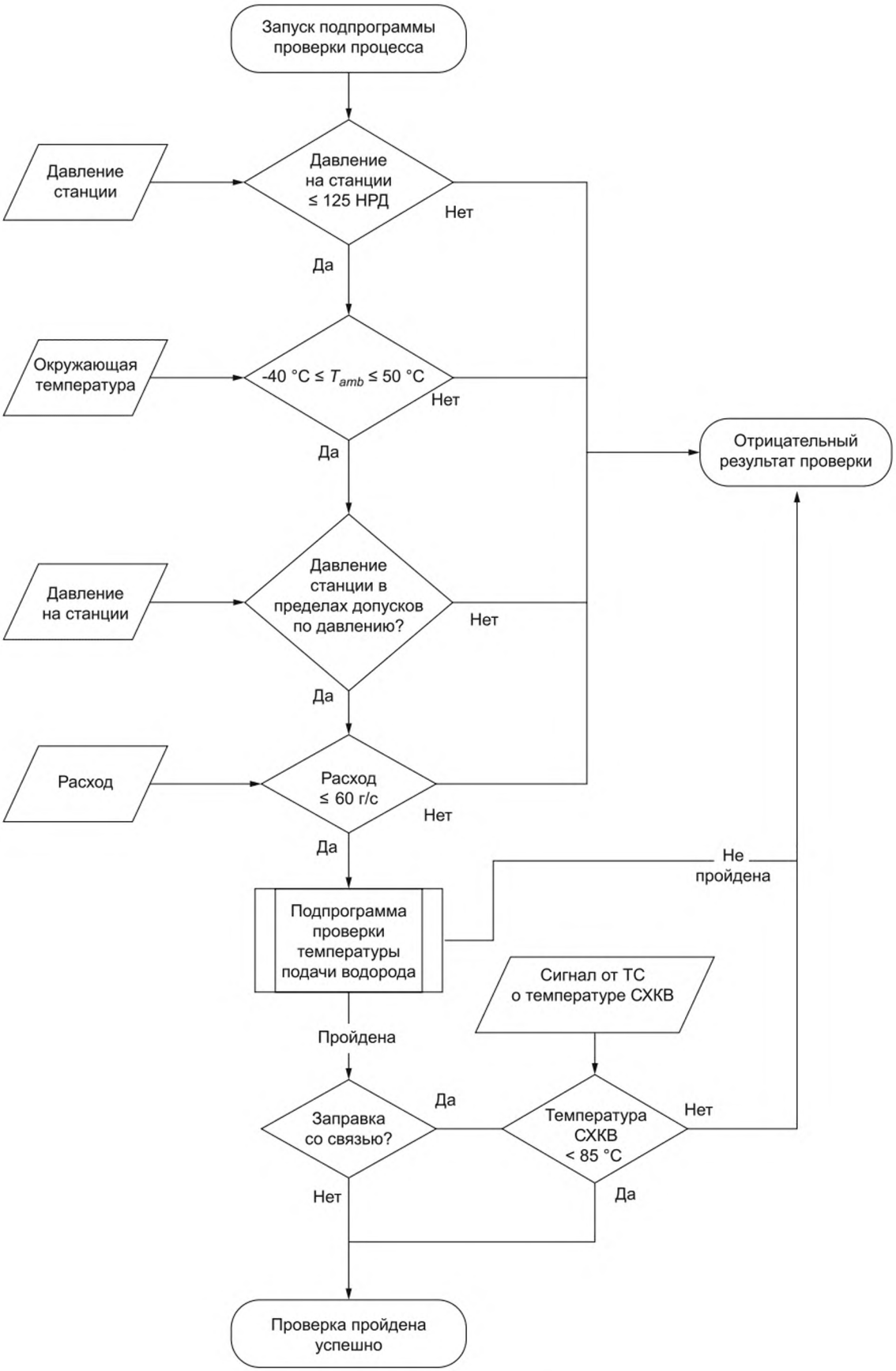


Рисунок Б.5 — Подпрограмма проверки процесса заправки

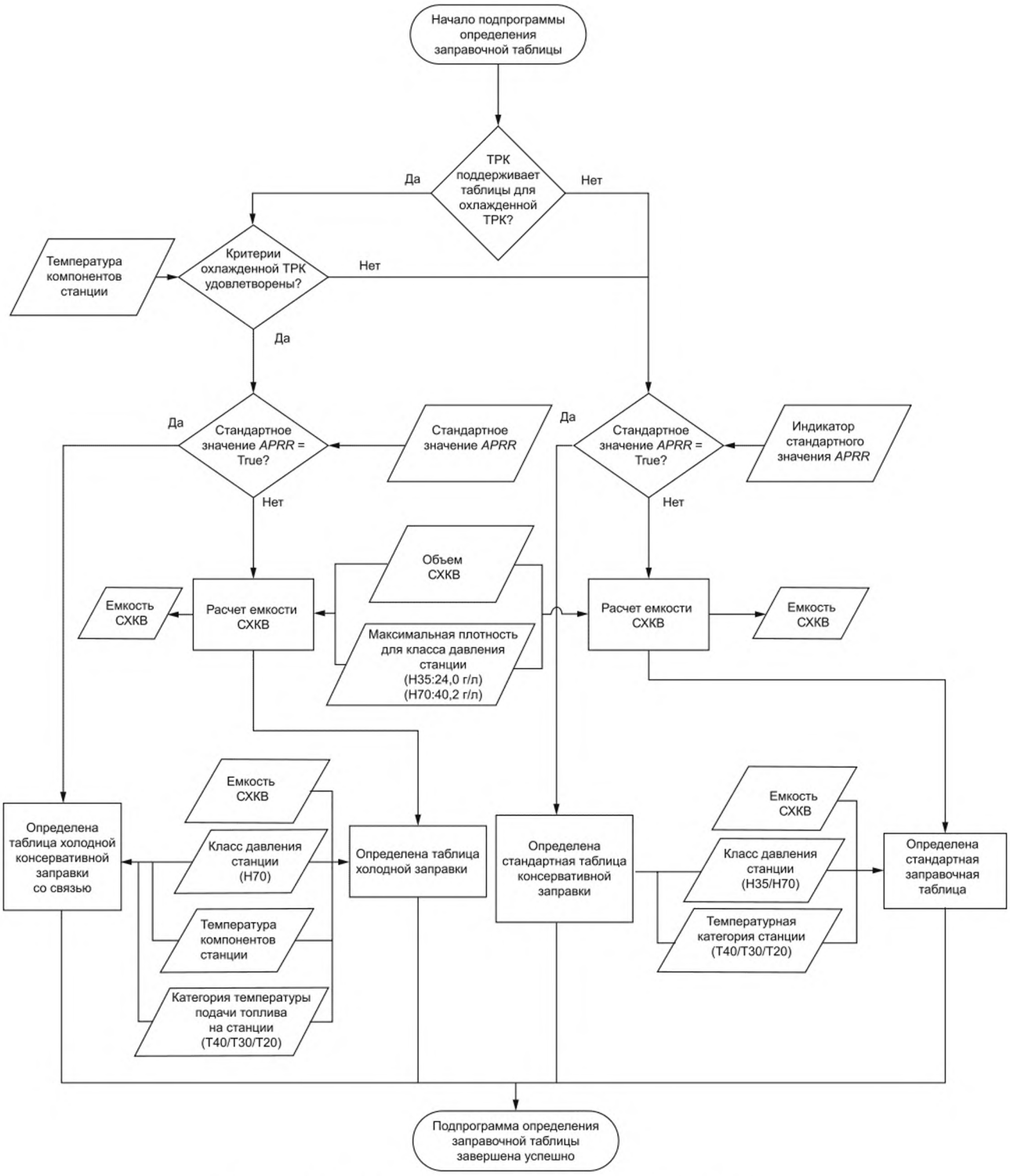


Рисунок Б.6 — Подпрограмма определения таблицы заправки

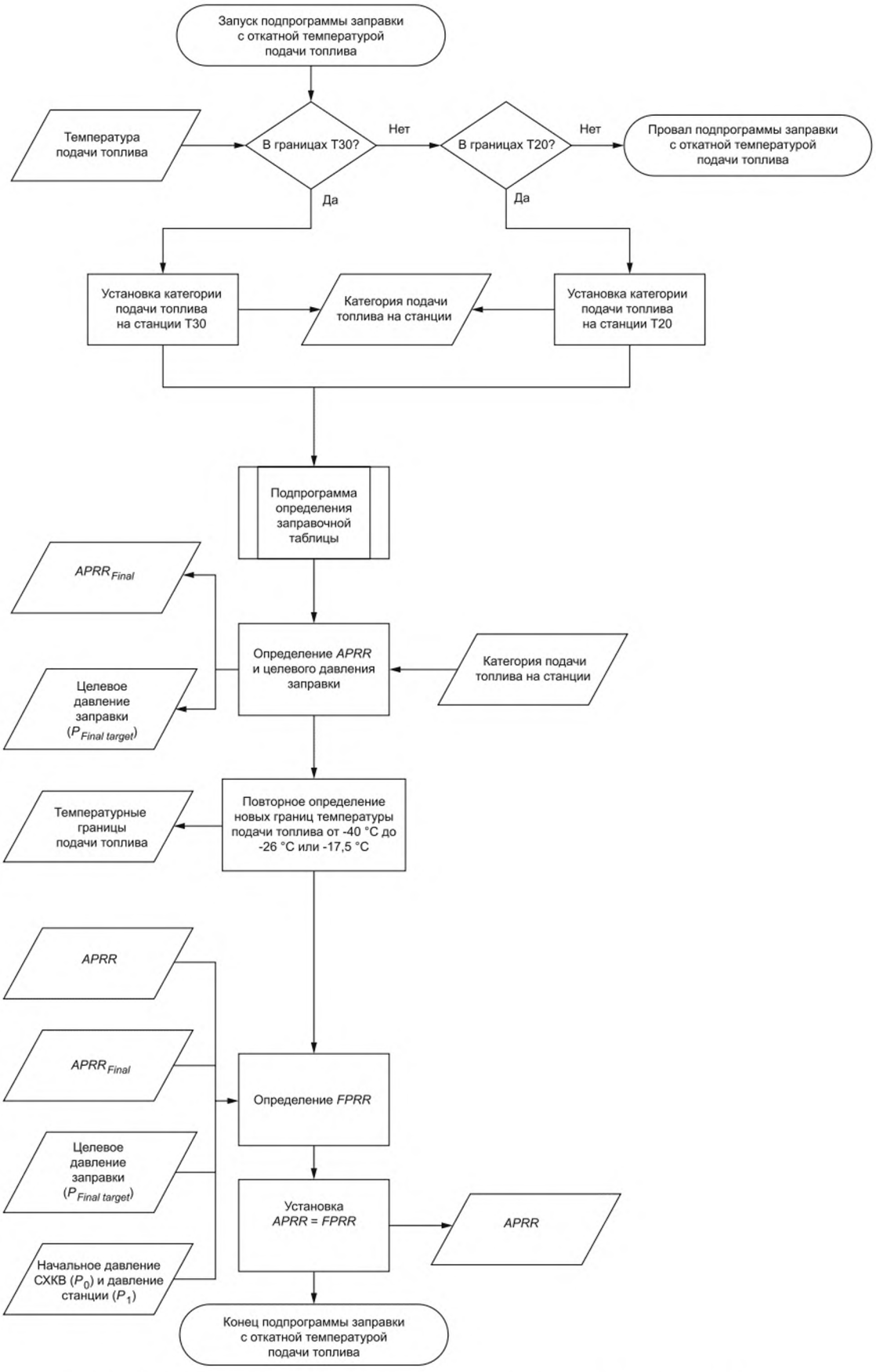


Рисунок Б.7 — Подпрограмма заправки при снижении температуры подачи водорода



Рисунок Б.8 — Подпрограмма проверки температуры подачи водорода

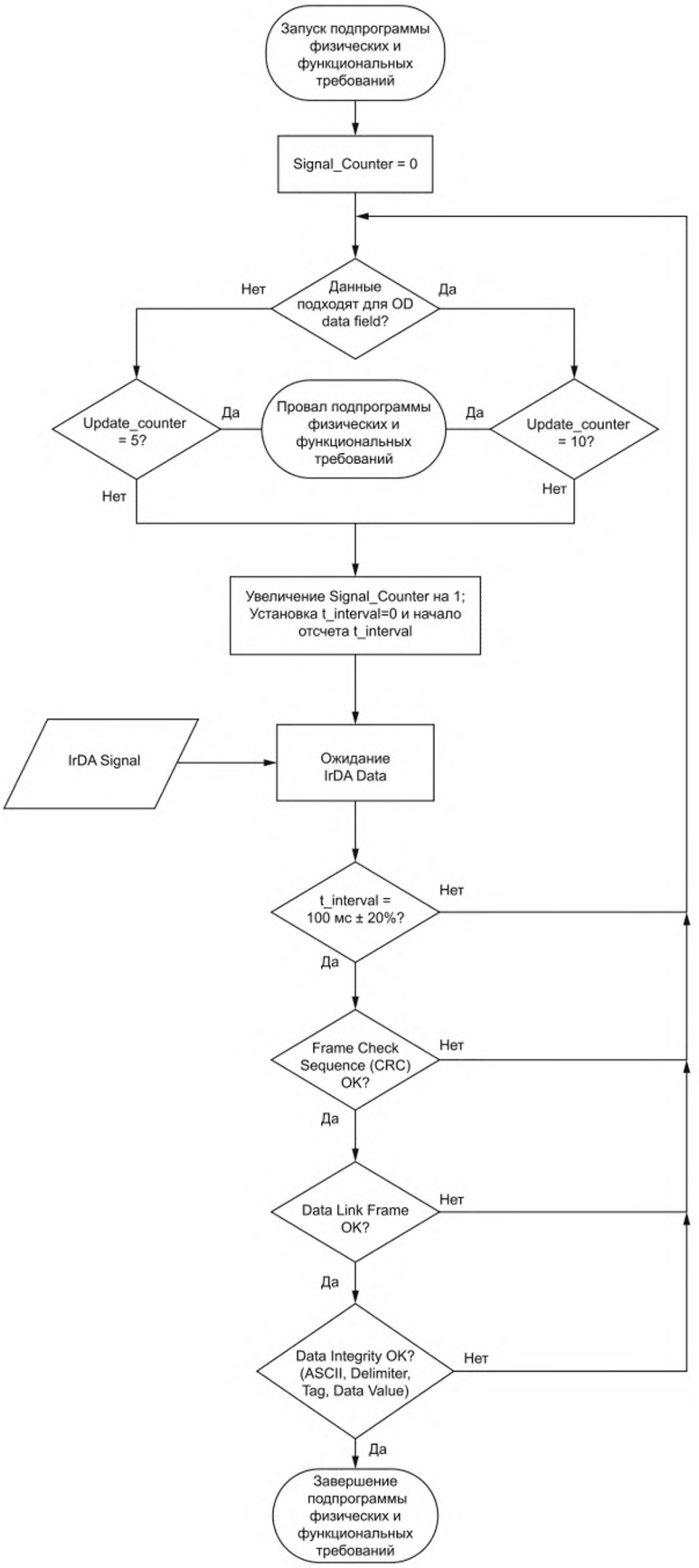


Рисунок Б.9 — Подпрограмма физических и функциональных требований

Приложение В
(обязательное)

Критерии приемки для эксплуатационных испытаний

Соответствие ТРК требованиям протоколов заправки, указанным в настоящем стандарте, должно быть проверено с помощью испытаний водородных станций. Эксплуатационные испытания предназначены для демонстрации того, что протокол соответствует минимальным критериям согласно настоящему стандарту, водород подается в указанном диапазоне температур, с заданной скоростью линейного изменения давления и до заданного целевого давления.

ТРК должна соответствовать общим ограничениям процессов, указанным в разделе 5, и конкретным требованиям процесса заправки, как описано в разделе 7 для табличной заправки или в разделе 8 для протокола на основе формулы МС.

ТРК должна осуществлять каждую заправку в обозначенных пределах, удовлетворяя при этом критериям остановки протокола заправки.

Производитель ТРК должен гарантировать соответствие всем обозначенным критериям безопасности.

Приложение Г
(обязательное)

Стандартные таблицы

Г.1 Таблицы, содержащиеся в этом приложении, являются стандартной «справочной таблицей» для водорода со связью и без связи (см. приложение Ж для рекомендаций по интерполяции табличных значений).

Таблица Г.1 — H35-T40: категория емкости СХКВ А, заправка без связи

H35-T40: категория емкости СХКВ А, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	3,2	40,1	40,0	39,9	39,5	39,1	38,7	37,7	36,7	Нет заправки
	45	5,8	40,2	40,1	40,0	39,7	39,4	39,0	37,8	36,7	Нет заправки
	40	8,6	40,4	40,3	40,2	39,9	39,6	39,2	37,9	36,7	Нет заправки
	35	9,7	40,4	40,4	40,2	40,0	39,6	39,2	37,9	36,7	Нет заправки
	30	12,5	40,2	40,1	39,9	39,6	39,2	38,7	37,2	35,9	Нет заправки
	25	15,7	40,0	39,9	39,7	39,3	38,8	38,2	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	20	19,3	39,8	39,7	39,4	38,9	38,4	37,7	35,8	Нет заправки	Нет заправки
	10	27,0	39,3	39,2	38,8	38,2	37,5	36,6	34,2	Нет заправки	Нет заправки
	0	28,5	38,6	38,4	38,0	37,2	36,3	35,3	32,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	37,8	37,6	37,1	36,2	35,1	33,9	30,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	37,0	36,8	36,2	35,1	33,9	32,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	36,3	35,9	35,2	34,0	32,6	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	36,3	35,9	35,2	34,0	32,6	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.2 — H35-T30: категория емкости СХКВ А, заправка без связи

H35-T30 категория емкости СХКВ А, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,7	40,5	40,3	40,1	39,6	39,2	38,7	37,5	36,7	Нет заправки
	45	3,9	40,4	40,3	40,1	39,7	39,3	38,9	37,7	36,7	Нет заправки
	40	6,0	40,5	40,4	40,2	39,9	39,5	39,1	37,9	36,7	Нет заправки
	35	6,7	40,5	40,4	40,3	39,9	39,6	39,1	37,9	36,7	Нет заправки
	30	8,7	40,2	40,1	39,9	39,6	39,2	38,7	37,2	35,9	Нет заправки
	25	10,9	40,0	39,9	39,7	39,2	38,7	38,2	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	20	13,2	39,7	39,6	39,4	38,9	38,3	37,7	35,8	Нет заправки	Нет заправки
	10	17,4	39,3	39,1	38,7	38,1	37,4	36,5	34,2	Нет заправки	Нет заправки
	0	25,3	39,0	38,8	38,3	37,4	36,5	35,4	32,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,1	38,3	38,1	37,5	36,5	35,3	34,1	30,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	37,6	37,3	36,6	35,4	34,1	32,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	36,8	36,4	35,7	34,3	32,8	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	36,8	36,4	35,7	34,3	32,8	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.3 — H35-T20: категория емкости СХКВ А, заправка без связи

H35-T20: категория емкости СХКВ А, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды *Tamb*, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	<1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	45	2,3	40,6	40,4	40,2	39,7	39,3	38,8	37,6	36,7	Нет заправки
	40	3,6	40,6	40,4	40,2	39,8	39,4	38,9	37,8	36,7	Нет заправки
	35	3,9	40,5	40,4	40,2	39,8	39,4	39,0	37,8	36,7	Нет заправки
	30	5,0	40,1	40,0	39,8	39,4	38,9	38,5	37,1	35,9	Нет заправки
	25	6,2	39,8	39,7	39,4	39,0	38,5	38,0	36,4	Нет заправки	Нет заправки
	20	7,6	39,5	39,4	39,1	38,6	38,1	37,4	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	10,2	38,9	38,7	38,4	37,8	37,1	36,4	34,2	Нет заправки	Нет заправки
	0	15,3	38,6	38,4	38,0	37,2	36,3	35,3	32,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	16,9	38,0	37,7	37,2	36,2	35,2	34,0	30,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	18,6	37,3	37,0	36,4	35,2	34,0	32,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	20,3	36,7	36,3	35,6	34,2	32,8	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	22,1	36,9	36,5	35,7	34,3	32,8	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	<–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.4 — H35-40: категория емкости СХКВ А, заправка со связью

H35-T40: категория емкости СХКВ А, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	3,2	43,0	43,0	42,9	42,8	42,7	42,4	41,5	40,7	Нет заправки
	45	5,8	43,0	43,0	42,9	42,8	42,5	42,1	41,0	40,0	Нет заправки
	40	8,6	43,0	43,0	42,9	42,6	42,2	41,7	40,3	39,2	Нет заправки
	35	9,7	43,1	43,1	42,9	42,6	42,2	41,8	40,3	39,2	Нет заправки
	30	12,5	43,1	43,1	42,9	42,5	42,0	41,5	39,9	38,7	Нет заправки
	25	15,7	43,1	43,0	42,8	42,3	41,8	41,1	39,5	Нет заправки	Нет заправки
	20	19,3	43,1	43,0	42,7	42,2	41,5	40,8	39,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	27,0	43,2	43,1	42,7	42,0	41,2	40,3	38,3	Нет заправки	Нет заправки
	0	28,5	42,7	42,5	42,0	41,1	40,2	39,1	36,7	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	42,7	42,5	42,0	41,1	40,1	39,1	36,7	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	42,7	42,4	41,9	41,0	40,0	39,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	42,6	42,4	41,9	40,9	40,0	38,9	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	42,6	42,4	41,8	40,9	39,9	38,9	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.5 — H35-T30: категория емкости СХКВ А, заправка со связью

H35-T30: категория емкости СХКВ А, заправка со связью		*APRR* МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,7	42,9	42,9	42,8	42,7	42,5	42,2	41,4	40,6	Нет заправки
	45	3,9	43,2	43,2	43,1	42,8	42,5	42,2	41,0	40,0	Нет заправки
	40	6,0	43,3	43,2	43,1	42,7	42,3	41,8	40,3	39,2	Нет заправки
	35	6,7	43,4	43,3	43,1	42,8	42,4	41,8	40,4	39,2	Нет заправки
	30	8,7	43,4	43,3	43,1	42,7	42,2	41,6	39,9	38,7	Нет заправки
	25	10,9	43,4	43,3	43,1	42,6	42,0	41,3	39,5	Нет заправки	Нет заправки
	20	13,2	43,4	43,3	43,0	42,4	41,7	40,9	39,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	17,4	43,4	43,3	42,9	42,1	41,3	40,4	38,3	Нет заправки	Нет заправки
	0	25,3	43,3	43,1	42,5	41,5	40,4	39,3	36,7	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,1	43,4	43,2	42,6	41,5	40,4	39,3	36,7	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	43,4	43,1	42,5	41,5	40,4	39,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	43,4	43,1	42,5	41,5	40,4	39,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	43,4	43,1	42,5	41,5	40,3	39,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	<–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.6 — H35-T20: категория емкости СХКВ А, заправка со связью

H35-T20: категория емкости СХКВ А, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	<1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	45	2,3	43,2	43,2	43,0	42,8	42,5	42,1	40,9	39,9	Нет заправки
	40	3,6	43,3	43,2	43,0	42,7	42,3	41,8	40,3	39,2	Нет заправки
	35	3,9	43,4	43,3	43,1	42,8	42,3	41,8	40,3	39,2	Нет заправки
	30	5,0	43,4	43,3	43,1	42,7	42,2	41,6	39,9	38,7	Нет заправки
	25	6,2	43,5	43,3	43,1	42,6	42,0	41,3	39,5	Нет заправки	Нет заправки
	20	7,6	43,5	43,4	43,1	42,5	41,8	41,0	39,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	10,2	43,6	43,4	43,0	42,3	41,4	40,5	38,3	Нет заправки	Нет заправки
	0	15,3	43,5	43,3	42,7	41,7	40,6	39,4	36,8	Нет заправки	Нет заправки
	–10	16,9	43,6	43,4	42,8	41,7	40,6	39,4	36,7	Нет заправки	Нет заправки
	–20	18,6	43,7	43,4	42,8	41,8	40,6	39,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	20,3	30,3	43,5	42,9	41,8	40,7	39,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	22,1	27,7	43,6	43,0	41,9	40,7	39,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	<–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.7 — H35-T40: категория емкости СХКВ В, заправка без связи

H35-T40: категория емкости СХКВ В, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	5,1	38,7	38,6	38,4	38,2	38,0	37,9	37,2	36,4	Нет заправки
	45	8,1	38,7	38,6	38,5	38,3	38,0	37,9	37,2	36,4	Нет заправки
	40	11,5	38,8	38,7	38,5	38,3	38,1	38,0	37,1	36,4	Нет заправки
	35	12,4	38,7	38,6	38,4	38,2	37,9	37,8	37,1	36,3	Нет заправки
	30	15,3	38,5	38,4	38,2	37,8	37,5	37,4	36,4	35,7	Нет заправки
	25	18,5	38,4	38,2	38,0	37,5	37,1	36,9	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	20	21,8	38,2	38,1	37,7	37,2	36,6	36,4	35,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	28,0	37,1	36,7	37,2	36,4	35,7	35,2	33,5	Нет заправки	Нет заправки
	0	28,5	36,7	36,1	36,4	35,4	34,5	34,0	32,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	36,3	36,8	36,0	34,7	33,3	32,7	30,6	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	36,0	36,5	35,7	34,4	32,8	31,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	35,5	36,1	35,4	34,0	32,5	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	35,3	35,9	35,1	33,8	32,3	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.8 — H35-T30: категория емкости СХКВ B, заправка без связи

H35-T30: категория емкости СХКВ B, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	2,5	38,8	38,7	38,4	38,1	37,8	37,7	37,1	36,4	Нет заправки
	45	4,4	38,6	38,5	38,3	38,1	37,9	37,7	37,1	36,4	Нет заправки
	40	6,4	38,6	38,5	38,3	383,1	37,9	37,8	37,1	36,4	Нет заправки
	35	7,0	38,4	38,3	38,1	37,9	37,7	37,7	37,0	36,3	Нет заправки
	30	8,8	38,2	38,1	37,9	37,6	37,3	37,2	36,4	35,7	Нет заправки
	25	10,9	38,0	37,9	37,7	37,3	36,9	36,7	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	20	13,2	37,9	37,7	37,4	37,0	36,5	36,3	35,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	16,9	37,6	37,3	36,9	36,2	35,5	35,2	33,5	Нет заправки	Нет заправки
	0	23,6	36,8	37,3	36,6	35,5	34,6	34,1	32,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	25,4	36,6	37,1	36,3	34,8	33,4	32,8	30,6	Нет заправки	Нет заправки
	–20	27,3	36,4	36,9	36,1	34,6	32,9	31,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	36,0	36,6	35,8	34,3	32,7	31,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	35,8	36,3	35,5	34,1	32,5	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.9 — H35-T20: категория емкости СХКВ В, заправка без связи

H35-T20: категория емкости СХКВ В, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,0	39,4	39,2	38,9	38,4	38,0	37,6	37,0	36,4	Нет заправки
	45	2,2	38,7	38,6	38,3	38,0	37,7	37,5	37,0	36,4	Нет заправки
	40	3,3	38,5	38,3	38,1	37,9	37,6	37,5	37,0	36,4	Нет заправки
	35	3,5	38,2	38,1	37,9	37,7	37,5	37,4	37,0	36,4	Нет заправки
	30	4,5	37,9	37,7	37,5	37,3	37,0	36,9	36,3	35,7	Нет заправки
	25	5,5	37,6	37,4	37,2	36,9	36,6	36,5	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	20	6,7	37,3	37,2	36,9	36,5	36,2	36,0	35,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	8,8	36,9	36,6	36,3	35,7	35,2	34,9	33,5	Нет заправки	Нет заправки
	0	13,2	37,1	36,7	36,0	35,2	34,3	33,9	32,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	14,2	36,9	36,5	35,7	34,4	33,5	32,7	30,6	Нет заправки	Нет заправки
	–20	15,2	36,7	36,3	35,5	34,2	33,0	31,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	16,1	36,3	36,0	35,3	33,9	32,8	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	17,1	36,3	35,9	35,2	33,8	32,6	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	<–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.10 — H35-T40: категория емкости СХКВ B, заправка со связью

H35-T40: категория емкости СХКВ B, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	5,1	42,6	42,6	42,5	42,4	42,2	42,0	41,2	40,5	Нет заправки
	45	8,1	42,6	42,6	42,5	42,3	42,0	41,6	40,6	39,9	Нет заправки
	40	11,5	42,7	42,6	42,4	42,1	41,7	41,2	40,0	39,2	Нет заправки
	35	12,4	42,7	42,6	42,4	42,1	41,6	41,2	40,0	39,1	Нет заправки
	30	15,3	42,7	42,6	42,4	41,9	41,4	40,9	39,6	38,6	Нет заправки
	25	18,5	42,8	42,6	42,4	41,8	41,2	40,6	39,2	Нет заправки	Нет заправки
	20	21,8	42,8	42,7	42,3	41,7	41,0	40,3	38,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	28,0	42,9	42,7	42,2	41,5	40,6	39,8	38,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	28,5	42,5	42,2	41,7	40,7	39,7	38,7	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	42,3	42,0	41,5	40,6	39,6	38,5	36,4	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	42,0	41,8	41,3	40,4	39,4	38,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	41,8	41,6	41,0	40,1	39,1	38,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	41,6	41,4	40,8	39,9	38,9	38,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	<–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.11 — H35-T30: категория емкости СХКВ В, заправка со связью

H35-T30: категория емкости СХКВ В, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	2,5	42,8	42,8	42,7	42,5	42,3	42,0	41,2	40,5	Нет заправки
	45	4,4	42,9	42,8	42,7	42,4	42,1	41,7	40,6	39,8	Нет заправки
	40	6,4	42,9	42,8	42,6	42,3	41,8	41,3	40,0	39,1	Нет заправки
	35	7,0	42,9	42,8	42,6	42,3	41,8	41,3	40,0	39,1	Нет заправки
	30	8,8	43,0	42,9	42,6	42,1	41,6	41,0	39,6	38,6	Нет заправки
	25	10,9	43,0	42,9	42,6	42,0	41,4	40,7	39,1	Нет заправки	Нет заправки
	20	13,2	43,0	42,9	42,5	41,9	41,2	40,4	38,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	16,9	43,1	42,9	42,4	41,6	40,8	39,9	38,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	23,6	43,0	42,7	42,2	41,1	40,0	38,9	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	25,4	42,8	42,6	42,0	41,0	39,9	38,8	36,4	Нет заправки	Нет заправки
	–20	27,3	42,7	42,4	41,8	40,8	39,7	38,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	42,6	42,3	41,7	40,6	39,5	38,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	42,4	42,1	41,5	40,4	39,3	38,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	<–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.12 — H35-T20: категория емкости СХКВ B, заправка со связью

H35-T20: категория емкости СХКВ B, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление, P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,0	42,8	42,7	42,6	42,4	42,1	41,9	41,1	40,5	Нет заправки
	45	2,2	43,0	43,0	42,8	42,5	42,1	41,7	40,7	39,8	Нет заправки
	40	3,3	43,1	43,0	42,8	42,4	41,9	41,4	40,1	39,1	Нет заправки
	35	3,5	43,1	43,0	42,8	42,4	41,9	41,4	40,0	39,1	Нет заправки
	30	4,5	43,1	43,0	42,7	42,3	41,7	41,1	39,6	38,6	Нет заправки
	25	5,5	43,1	43,0	42,7	42,1	41,5	40,8	39,2	Нет заправки	Нет заправки
	20	6,7	43,2	43,0	42,6	42,0	41,3	40,5	38,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	8,8	43,1	42,9	42,6	41,8	40,9	40,0	38,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	13,2	43,0	42,8	42,3	41,3	40,2	39,0	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	14,2	42,9	42,7	42,1	41,1	40,1	38,9	36,4	Нет заправки	Нет заправки
	–20	15,2	42,8	42,6	42,0	40,9	39,9	38,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	16,1	42,7	42,4	41,8	40,8	39,7	38,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	17,1	42,6	42,3	41,7	40,6	39,5	38,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.13 — H35-T40: Кктегория емкости СХКВ С, заправка без связи

H35-T40: категория емкости СХКВ С, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	7,6	38,9	38,8	38,7	38,4	38,2	38,1	37,2	36,4	Нет заправки
	45	11,0	39,0	38,9	38,7	38,5	38,2	38,1	37,2	36,4	Нет заправки
	40	14,5	39,1	39,0	38,8	38,5	38,2	38,1	37,1	36,4	Нет заправки
	35	15,3	38,9	38,8	38,6	38,3	38,0	37,9	37,1	36,3	Нет заправки
	30	17,9	38,7	38,6	38,4	38,0	37,6	37,4	36,4	35,7	Нет заправки
	25	19,9	38,5	38,3	38,0	37,6	37,1	36,9	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	20	19,9	38,1	37,9	37,6	37,1	36,6	36,3	35,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	19,9	37,4	37,2	36,7	36,1	35,4	35,1	33,5	Нет заправки	Нет заправки
	0	19,9	36,9	36,6	35,9	35,1	34,3	33,9	32,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	36,6	36,3	35,5	34,3	33,1	32,6	30,6	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	36,3	35,9	35,3	34,0	32,5	31,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	35,9	35,5	34,9	33,6	32,6	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	35,6	35,3	34,7	33,4	32,4	31,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.14 — H35-T30: Категория емкости СХКВ С, заправка без связи

H35-T30: категория емкости СХКВ С, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	3,1	38,8	38,7	38,5	38,2	37,9	37,7	37,1	36,4	Нет заправки
	45	4,9	38,6	38,5	38,4	38,1	37,9	37,8	3731	36,4	Нет заправки
	40	7,1	38,7	38,5	38,4	38,2	37,9	37,8	37,1	36,4	Нет заправки
	35	7,5	38,5	38,4	38,2	38,0	37,8	37,7	37,0	36,3	Нет заправки
	30	9,3	38,3	38,1	37,9	37,7	37,4	37,2	36,4	35,7	Нет заправки
	25	11,2	38,1	37,9	37,7	37,3	36,9	36,8	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	20	13,3	37,9	37,7	37,4	37,0	36,5	36,3	35,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	17,0	37,6	37,3	36,9	36,2	35,5	35,2	33,5	Нет заправки	Нет заправки
	0	19,9	37,4	37,0	36,3	35,4	34,5	34,0	32,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	37,1	36,7	35,9	34,6	33,2	32,7	30,6	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	36,8	36,4	35,6	34,3	32,7	31,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	36,3	36,0	35,3	33,9	32,3	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	36,1	35,8	35,0	33,7	32,6	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.15 — H35-T20: категория емкости СХКВ С, заправка без связи

H35-T20: категория емкости СХКВ С, заправка без связи		*APRR* МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,2	39,3	39,1	38,8	38,3	37,9	37,6	37,0	36,4	Нет заправки
	45	2,2	38,7	38,6	38,3	38,0	37,7	37,5	37,0	36,4	Нет заправки
	40	3,3	38,5	38,3	38,1	37,9	37,6	37,5	37,0	36,4	Нет заправки
	35	3,5	38,2	38,1	37,9	37,7	37,5	37,4	37,0	36,4	Нет заправки
	30	4,5	37,9	37,7	37,5	37,3	37,0	36,9	36,3	35,7	Нет заправки
	25	5,5	37,6	37,4	37,2	36,9	36,6	36,5	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	20	6,6	37,3	37,1	36,9	36,5	36,1	36,0	35,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	8,7	36,8	36,6	36,3	35,7	35,2	34,9	33,5	Нет заправки	Нет заправки
	0	12,9	37,0	36,6	36,0	35,1	34,6	33,9	32,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	13,6	36,8	36,4	35,7	34,4	33,5	32,6	30,6	Нет заправки	Нет заправки
	–20	14,4	36,6	36,2	35,4	34,1	33,0	31,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	15,0	36,2	35,9	35,1	33,8	32,7	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	15,7	36,1	35,7	35,0	33,7	32,6	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.16 — H35-T40: категория емкости СХКВ С, заправка со связью

H35-T40: категория емкости СХКВ С, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	7,6	42,9	42,8	42,8	42,6	42,4	42,1	41,2	40,6	Нет заправки
	45	11,0	42,9	42,8	42,7	42,4	42,1	41,7	40,7	39,9	Нет заправки
	40	14,5	42,9	42,8	42,6	42,2	41,8	41,3	40,1	39,2	Нет заправки
	35	15,3	42,9	42,8	42,6	42,2	41,8	41,2	40,0	39,2	Нет заправки
	30	17,9	42,9	42,8	42,5	42,1	41,5	400,9	39,6	38,6	Нет заправки
	25	19,9	42,9	42,7	42,4	41,9	41,3	40,6	39,2	Нет заправки	Нет заправки
	20	19,9	42,7	42,6	42,2	41,6	40,9	40,2	38,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	19,9	42,4	42,3	41,9	41,2	40,4	39,6	37,9	Нет заправки	Нет заправки
	0	19,9	42,0	41,8	41,3	40,4	39,5	38,5	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	41,9	41,6	41,1	40,3	39,3	38,4	36,3	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	41,7	41,5	41,0	40,1	39,2	38,3	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	41,6	41,4	40,9	40,0	39,1	38,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	41,5	41,2	40,7	39,8	38,9	38,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	<–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.17 — H35-T30: категория емкости СХКВ С, заправка со связью

H35-T30: категория емкости СХКВ С, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	3,1	42,9	42,9	42,8	42,6	42,4	42,1	41,2	40,5	Нет заправки
	45	4,9	43,0	42,9	42,8	42,5	42,2	41,7	40,7	39,9	Нет заправки
	40	7,1	43,0	42,9	42,7	42,3	41,9	41,1	40,1	39,1	Нет заправки
	35	7,5	43,0	42,9	42,7	42,3	41,8	41,3	40,0	39,1	Нет заправки
	30	9,3	43,0	42,9	42,7	42,2	41,6	41,0	39,6	38,6	Нет заправки
	25	11,2	43,0	42,9	42,6	42,0	41,4	40,7	39,1	Нет заправки	Нет заправки
	20	13,3	43,0	42,9	42,5	41,9	41,2	40,4	38,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	17,0	43,1	42,9	42,4	41,6	40,8	39,9	38,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	19,9	43,1	42,8	42,2	41,1	40,0	38,9	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	42,9	42,6	42,0	41,0	39,9	38,8	36,4	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	42,8	42,5	41,9	40,8	39,7	38,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	42,7	42,4	41,7	40,7	39,6	38,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	42,5	42,2	41,6	40,5	39,5	38,3	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	<–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.18 — H35-T20: категория емкости СХКВ С, заправка со связью

H35-T20: категория емкости СХКВ С, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа								
			Начальное давление P_0, МПа								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,2	43,0	42,9	42,8	42,5	42,3	42,0	41,2	40,5	Нет заправки
	45	2,2	43,0	43,0	42,8	42,5	42,1	41,7	40,7	39,8	Нет заправки
	40	3,3	43,1	43,0	42,8	42,4	41,9	41,4	40,1	39,1	Нет заправки
	35	3,5	43,1	43,0	42,8	42,4	41,9	41,4	40,0	39,1	Нет заправки
	30	4,5	43,1	43,0	42,7	42,3	41,7	41,1	39,6	38,6	Нет заправки
	25	5,5	43,1	43,0	42,7	42,1	41,5	40,8	39,2	Нет заправки	Нет заправки
	20	6,6	43,2	43,0	42,6	42,0	41,3	40,5	38,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	8,7	43,2	43,0	42,6	41,8	40,9	40,0	38,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	12,9	43,2	42,9	42,3	41,3	40,2	39,0	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	13,6	43,1	42,9	42,3	41,2	40,1	38,9	36,4	Нет заправки	Нет заправки
	–20	14,4	43,1	42,8	42,2	41,1	40,0	38,8	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	15,0	43,0	42,7	42,1	41,0	39,9	38,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	15,7	43,0	42,7	42,0	40,9	39,8	38,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.19 — H70-T40: категория емкости СХКВ А, заправка без связи

H70-T40: категория емкости СХКВ А, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	3,2	Нет заправки	77,2	76,8	76,4	76,1	75,7	75,2	74,8	74,3	73,7	72,7	Нет заправки
	45	5,8	75,3	76,2	76,2	75,8	75,8	75,5	75,1	74,9	74,3	73,7	72,7	Нет заправки
	40	8,6	72,2	74,9	76,0	75,7	75,7	75,5	75,1	74,9	74,3	73,6	72,6	Нет заправки
	35	9,7	71,3	74,2	75,8	75,4	75,5	75,4	74,9	74,7	74,1	73,5	72,6	Нет заправки
	30	12,5	69,1	73,2	75,1	74,6	74,8	74,6	73,9	73,7	72,9	72,2	71,3	Нет заправки
	25	15,7	66,4	71,2	74,5	73,9	74,2	73,8	72,9	72,6	71,6	70,9	Нет заправки	Нет заправки
	20	19,3	66,2	70,9	74,0	73,1	73,4	73,0	71,8	71,5	70,3	69,5	Нет заправки	Нет заправки
	10	27,0	66,1	70,9	73,1	71,7	72,0	71,2	70,4	69,2	68,0	66,7	Нет заправки	Нет заправки
	0	28,5	73,8	73,3	72,3	70,4	70,5	69,4	68,1	66,6	65,3	63,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	73,1	72,6	71,6	71,2	69,7	68,2	66,2	63,9	62,5	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	72,4	71,9	70,9	70,6	69,1	67,6	65,4	62,2	59,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	71,4	71,0	70,1	69,8	68,4	67,0	64,8	61,7	58,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	70,9	70,5	69,6	69,4	68,0	66,5	64,4	61,4	58,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.20 — H70-T30: категория емкости СХКВ А, заправка без связи

H70-T30: категория емкости СХКВ А, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,7	74,5	76,6	77,9	77,3	76,8	76,3	75,5	74,8	74,2	73,6	72,8	Нет заправки
	45	3,9	74,1	76,4	76,6	76,1	75,9	75,6	75,1	74,7	74,3	73,6	72,7	Нет заправки
	40	6,0	71,0	74,3	76,2	75,8	75,7	75,5	75,0	74,8	74,2	73,6	72,6	Нет заправки
	35	6,7	70,1	73,6	75,9	75,5	75,5	75,3	74,8	74,6	74,1	73,5	72,6	Нет заправки
	30	8,7	67,7	72,1	75,2	74,7	74,7	74,5	73,9	73,6	72,9	72,2	71,3	Нет заправки
	25	10,9	65,6	71,1	74,5	73,9	74,0	73,7	72,9	72,5	71,6	70,9	Нет заправки	Нет заправки
	20	13,2	66,1	71,3	73,9	73,1	73,3	72,8	71,8	71,4	70,6	69,5	Нет заправки	Нет заправки
	10	17,4	64,4	69,8	72,8	71,6	71,7	71,0	70,2	69,1	68,0	66,7	Нет заправки	Нет заправки
	0	25,3	62,4	68,5	72,7	70,9	70,8	69,6	68,3	66,7	65,4	63,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,1	62,7	68,7	72,3	70,3	70,2	68,6	66,5	64,1	62,6	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	66,8	72,7	71,6	71,2	69,7	68,1	65,7	62,3	59,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	71,3	71,8	70,8	70,5	69,0	67,4	65,1	61,8	58,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	71,7	71,3	70,3	70,0	68,5	67,0	64,7	61,5	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица — Г.21 H70-T20: категория емкости СХКВ А, заправка без связи

H70-T20: категория емкости СХКВ А, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	<1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	45	2,3	74,0	76,5	77,3	76,7	76,2	75,8	75,1	74,6	74,1	73,6	72,7	Нет заправки
	40	3,6	71,0	74,2	76,5	76,0	75,7	75,4	74,9	74,6	74,1	73,6	72,7	Нет заправки
	35	3,9	71,3	74,5	76,0	75,6	75,4	75,1	74,6	74,4	74,0	73,5	72,7	Нет заправки
	30	5,0	69,8	73,6	75,1	74,6	74,4	74,1	73,6	73,3	72,8	72,2	71,3	Нет заправки
	25	6,2	67,7	72,2	74,2	73,7	73,6	73,2	72,6	72,3	71,6	70,9	Нет заправки	Нет заправки
	20	7,6	66,3	71,4	73,5	72,8	72,8	72,4	71,5	71,2	70,4	69,5	Нет заправки	Нет заправки
	10	10,2	63,1	69,4	72,3	71,8	71,1	70,6	69,8	68,9	67,9	66,8	Нет заправки	Нет заправки
	0	15,3	59,2	66,4	72,2	71,4	70,2	69,2	67,9	66,5	65,3	63,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	16,9	59,8	66,7	71,7	71,0	69,6	68,1	66,0	63,9	62,6	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	18,6	60,3	67,1	71,3	70,6	69,2	67,7	65,3	62,2	59,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	20,3	60,9	67,5	70,6	70,1	68,7	67,2	64,9	61,7	58,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	22,1	61,5	67,9	70,4	69,9	68,4	66,9	64,6	61,5	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.22 — H70-T40: категория емкости СХКВ А, заправка со связью

H70-T20 категория емкости СХКВ А, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	3,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	77,8	81,0	86,9	86,7	86,5	85,9	85,1	84,2	82,9	81,2	Нет заправки
	45	5,8	75,3	87,5	3,8	75,3	87,5	80,9	86,9	86,6	86,3	85,5	84,5	83,3	81,8	79,8	Нет заправки
	40	8,6	72,2	87,5	5,7	72,2	87,5	81,3	86,8	86,4	86,0	85,0	83,8	82,3	80,6	78,3	Нет заправки
	35	9,7	71,3	87,5	6,3	71,3	87,5	80,8	86,8	86,4	86,0	84,9	83,7	82,2	80,5	78,3	Нет заправки
	30	12,5	69,1	87,5	7,8	69,1	87,5	81,5	86,8	86,3	85,7	84,5	83,1	81,5	79,6	77,2	Нет заправки
	25	15,7	66,4	87,5	9,4	66,4	87,5	81,0	86,8	86,1	85,5	84,0	82,4	80,7	78,7	76,2	Нет заправки
	20	19,3	66,2	87,5	10,6	66,2	87,5	81,3	86,7	86,0	85,2	83,6	81,8	79,8	77,7	75,1	Нет заправки
	10	27,0	66,1	87,4	11,7	66,1	87,4	81,2	86,7	85,8	84,8	82,8	80,7	78,5	76,2	73,4	Нет заправки
	0	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	81,5	87,2	86,5	85,5	84,3	83,2	80,7	78,3	75,8	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,9	86,6	86,0	84,9	83,8	82,6	80,3	77,9	75,5	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,4	86,1	85,4	84,3	83,2	82,1	79,8	77,5	75,2	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	85,9	85,6	84,9	83,8	82,7	81,5	79,3	77,0	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	85,4	85,1	84,4	83,3	82,1	81,0	78,8	76,6	74,4	72,2	Нет заправки	Нет заправки
	<–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.23 — H70-T30: категория емкости СХКВ А, заправка со связью

H70-T30: категория емкости СХКВ А, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,7	74,5	87,5	0,8	87,5	87,5	81,0	87,0	86,7	86,4	85,7	84,9	83,9	82,7	81,1	Нет заправки
	45	3,9	74,1	87,5	2,4	87,5	87,5	81,4	87,2	86,9	86,5	85,6	84,6	83,3	81,8	79,8	Нет заправки
	40	6,0	71,0	87,5	3,9	87,5	87,5	81,2	87,2	86,7	86,3	85,2	83,9	82,4	80,6	78,3	Нет заправки
	35	6,7	70,1	87,5	4,4	87,5	87,5	80,7	87,2	86,8	86,3	85,1	83,8	82,3	80,5	78,2	Нет заправки
	30	8,7	67,7	87,5	5,6	87,5	87,5	80,9	87,2	86,6	86,1	84,7	83,3	81,6	79,6	77,2	Нет заправки
	25	10,9	65,6	87,5	6,9	87,5	87,5	81,0	87,1	86,5	85,8	84,3	82,6	80,8	78,7	76,2	Нет заправки
	20	13,2	66,1	87,5	8,2	87,5	87,5	81,3	87,0	86,3	85,5	83,8	81,9	79,9	77,7	75,1	Нет заправки
	10	17,4	64,4	87,4	7,3	87,4	87,4	81,2	86,6	85,8	84,9	82,9	80,8	78,6	76,2	73,4	Нет заправки
	0	25,3	62,4	87,4	8,7	87,4	87,4	81,1	86,2	85,0	83,7	81,3	78,7	76,0	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,1	62,7	87,4	9,0	87,4	87,4	81,2	85,9	84,7	83,4	80,9	78,3	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	66,8	87,3	8,9	87,3	87,3	85,7	85,4	84,2	82,9	80,4	77,9	75,3	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	71,3	87,3	8,7	87,3	87,3	86,2	84,9	83,6	82,4	79,9	77,4	75,0	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	75,5	81,9	85,7	84,4	83,2	81,9	79,4	77,0	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.24 — H70-T20: категория емкости СХКВ А, заправка со связью

H70-T20: категория емкости СХКВ А, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	<1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	87,5	87,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	45	2,3	74,0	87,5	1,2	87,5	87,5	81,6	87,2	86,8	86,4	85,4	84,4	83,2	81,7	79,7	Нет заправки
	40	3,6	71,0	87,5	2,0	87,5	87,5	80,8	87,0	86,6	86,1	85,0	83,8	82,3	80,5	78,3	Нет заправки
	35	3,9	71,3	87,5	2,2	87,5	87,5	81,1	86,9	86,4	86,0	84,9	83,7	82,2	80,5	78,2	Нет заправки
	30	5,0	69,8	87,5	2,8	87,5	87,5	81,3	86,7	86,2	85,7	84,5	83,2	81,5	79,6	77,2	Нет заправки
	25	6,2	67,7	87,5	3,4	87,5	87,5	81,0	86,6	86,0	85,4	84,1	82,6	80,8	78,7	76,1	Нет заправки
	20	7,6	66,3	87,5	4,0	87,5	87,5	81,3	86,4	85,8	85,1	83,6	81,9	80,0	77,7	75,0	Нет заправки
	10	10,2	63,1	87,5	5,1	87,5	87,5	81,1	86,1	85,4	84,5	82,7	80,8	78,6	76,2	73,4	Нет заправки
	0	15,3	59,2	87,5	7,0	87,4	87,4	81,1	85,7	84,6	83,4	81,1	78,6	76,0	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	16,9	59,8	87,4	7,1	87,4	87,4	81,1	85,5	84,3	83,2	80,8	78,3	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	18,6	60,3	87,4	7,2	87,3	87,3	81,1	85,3	84,1	82,9	80,4	77,9	75,4	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	20,3	60,9	87,3	7,2	87,5	87,5	81,1	85,1	83,9	82,6	80,1	77,6	75,1	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	22,1	61,5	87,3	7,4	87,5	87,5	81,1	84,9	83,6	82,3	79,8	77,3	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.25 — H70-T40: категория емкости СХКВ B, заправка без связи

H70-T40: категория емкости СХКВ B, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	5,1	77,8	77,6	77,3	76,9	76,6	76,2	75,7	75,3	74,7	73,9	72,8	Нет заправки
	45	8,1	76,3	77,2	76,9	76,5	76,4	76,2	75,6	75,3	74,7	73,9	72,7	Нет заправки
	40	11,5	73,2	75,6	76,8	76,3	76,4	76,2	75,6	75,3	74,6	73,9	72,7	Нет заправки
	35	12,4	72,9	75,3	76,4	76,0	76,1	75,9	75,3	75,1	74,5	73,8	72,7	Нет заправки
	30	15,3	70,6	73,9	75,8	75,2	75,4	75,1	74,3	74,1	73,3	72,4	71,3	Нет заправки
	25	18,5	69,0	72,8	75,1	74,5	74,7	74,3	73,3	73,0	72,0	71,1	Нет заправки	Нет заправки
	20	21,8	67,9	72,1	74,5	73,7	74,0	73,4	72,2	71,9	70,7	69,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	28,0	66,3	71,1	74,1	73,2	72,4	71,6	70,9	69,6	68,4	66,9	Нет заправки	Нет заправки
	0	28,5	74,0	73,4	72,4	70,6	70,7	69,6	68,6	67,1	65,7	64,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	73,4	72,9	71,9	70,0	70,0	68,4	66,5	64,4	62,9	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	72,9	72,3	71,3	71,0	69,5	68,0	65,7	62,4	60,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	72,1	71,6	70,6	70,4	69,0	67,4	65,2	61,8	58,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	71,6	71,1	70,2	70,0	68,5	66,9	64,8	61,5	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	<–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.26 — H70-T30: категория емкости СХКВ B, заправка без связи

H70-T30: категория емкости СХКВ B, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	2,5	76,7	78,2	78,0	77,4	76,9	76,5	75,6	75,1	74,5	73,8	72,8	Нет заправки
	45	4,4	74,9	76,9	77,1	76,6	76,3	76,0	75,4	75,0	74,5	73,8	72,7	Нет заправки
	40	6,4	72,8	75,5	76,7	76,2	76,1	75,8	75,3	75,0	74,5	73,8	72,7	Нет заправки
	35	7,0	72,5	75,3	76,2	75,8	75,7	75,5	75,0	74,8	74,3	73,7	72,7	Нет заправки
	30	8,8	70,6	74,1	75,5	75,0	75,0	74,7	74,1	73,8	73,1	72,4	71,3	Нет заправки
	25	10,9	68,0	72,3	74,8	74,2	74,3	73,9	73,1	72,8	71,9	71,1	Нет заправки	Нет заправки
	20	13,2	66,4	71,3	74,2	73,4	73,6	73,1	72,1	71,7	70,6	69,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	16,9	64,7	70,0	72,9	71,7	71,9	71,3	70,5	69,4	68,3	66,9	Нет заправки	Нет заправки
	0	23,6	61,9	68,2	72,6	70,8	70,7	69,6	68,6	67,1	65,7	64,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	25,4	61,9	68,2	72,1	71,5	70,1	68,5	66,4	64,4	62,9	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	27,3	61,9	68,2	71,6	71,1	69,6	68,0	65,6	62,4	60,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	62,1	68,4	70,8	70,5	69,0	67,4	65,1	61,8	58,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	62,0	68,4	70,3	70,0	68,5	67,0	64,7	61,5	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.27 — H70-T20: категория емкости СХКВ B, заправка без связи

H70-T20: категория емкости СХКВ B, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,0	74,2	76,4	79,6	78,9	78,1	77,5	76,4	75,4	74,5	73,7	72,8	Нет заправки
	45	2,2	74,0	76,4	77,8	77,1	76,6	76,2	75,4	74,8	74,2	73,7	72,7	Нет заправки
	40	3,3	71,3	74,5	76,9	76,4	76,0	75,6	75,0	74,6	74,2	73,7	72,7	Нет заправки
	35	3,5	71,4	74,6	76,3	75,8	75,5	75,2	74,7	74,4	74,0	73,6	72,7	Нет заправки
	30	4,5	70,5	74,1	75,4	74,8	74,6	74,2	73,6	73,4	72,9	72,3	71,3	Нет заправки
	25	5,5	68,6	72,8	74,5	73,8	73,7	73,3	72,6	72,3	71,7	71,0	Нет заправки	Нет заправки
	20	6,7	67,1	71,9	73,6	72,9	72,8	72,4	71,6	71,3	70,6	69,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	8,8	64,8	70,4	72,2	71,7	71,1	70,6	69,9	69,0	68,1	66,9	Нет заправки	Нет заправки
	0	13,2	60,2	67,4	71,9	71,1	70,0	69,0	68,0	66,8	65,6	64,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	14,2	59,9	67,1	71,3	70,6	69,2	67,8	65,8	64,2	62,8	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	15,2	60,1	67,2	70,8	70,1	68,8	67,3	65,0	62,0	59,9	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	16,1	60,2	67,1	70,0	69,5	68,1	66,7	64,5	61,5	58,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	17,1	60,4	67,3	69,7	69,2	67,8	66,4	64,2	61,2	58,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	<–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.28 — H70-T40: категория емкости СХКВ B, заправка со связью

H70-T40: категория емкости СХКВ B, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	5,1	78,2	87,5	2,6	87,5	87,5	80,8	85,7	86,8	86,5	85,8	85,0	84,0	82,7	81,1	Нет заправки
	45	8,1	76,3	87,5	4,0	87,5	87,5	81,1	86,9	86,6	86,2	85,3	84,3	83,0	81,6	79,7	Нет заправки
	40	11,5	73,2	87,5	5,4	87,5	87,5	81,1	86,9	86,4	85,9	84,7	83,5	82,0	80,3	78,3	Нет заправки
	35	12,4	72,9	87,5	5,6	87,5	87,5	81,2	86,9	86,4	85,9	84,7	83,4	81,9	80,2	78,2	Нет заправки
	30	15,3	70,6	87,5	6,6	87,5	87,5	81,0	86,8	86,3	85,6	84,3	82,8	81,2	79,4	77,2	Нет заправки
	25	18,5	69,0	87,4	7,2	87,4	87,4	81,0	86,8	86,1	85,4	83,8	82,2	80,4	78,5	76,1	Нет заправки
	20	21,8	67,9	87,4	7,6	87,4	87,4	81,2	86,8	85,9	85,1	83,3	81,5	79,6	77,5	75,1	Нет заправки
	10	28,0	66,3	87,4	9,0	87,4	87,4	81,2	86,8	85,7	84,7	82,6	80,5	78,3	76,1	73,4	Нет заправки
	0	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	78,4	84,6	86,8	85,6	84,4	83,1	80,6	78,1	75,6	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	82,2	87,1	86,4	85,2	84,0	82,8	80,4	77,9	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,0	86,8	86,1	84,9	83,7	82,4	80,0	77,6	75,1	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,8	86,5	85,7	84,5	83,3	82,1	79,6	77,2	74,9	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,5	86,2	85,4	84,2	83,0	81,8	79,3	77,0	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.29 — Н70-Т30: категория емкости СХКВ В, заправка со связью

Н70-Т30: категория емкости СХКВ В, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	2,5	76,7	87,5	1,3	87,5	87,5	81,7	87,2	86,9	86,6	85,8	84,9	83,9	82,7	81,1	Нет заправки
	45	4,4	74,9	87,5	2,3	87,5	87,5	81,3	87,2	86,8	86,4	85,4	84,3	83,1	81,6	79,7	Нет заправки
	40	6,4	72,8	87,5	3,4	87,5	87,5	81,5	87,1	86,6	86,1	84,9	83,6	82,1	80,3	78,2	Нет заправки
	35	7,0	72,5	87,5	3,6	87,5	87,5	81,4	87,2	86,6	86,1	84,9	83,5	82,0	80,3	78,2	Нет заправки
	30	8,8	70,6	87,5	4,4	87,5	87,5	81,3	87,1	86,5	85,9	84,5	82,9	81,3	79,4	77,2	Нет заправки
	25	10,9	68,0	87,5	5,3	87,5	87,5	81,0	87,1	86,4	85,6	84,0	82,3	80,5	78,5	76,1	Нет заправки
	20	13,2	66,4	87,5	6,1	87,5	87,5	81,2	87,0	86,2	85,3	83,6	81,7	79,7	77,5	75,0	Нет заправки
	10	16,9	64,7	87,4	5,5	87,4	87,4	81,2	86,8	85,9	84,8	82,8	80,6	78,4	76,1	73,4	Нет заправки
	0	23,6	61,9	87,4	7,2	87,4	87,4	81,2	86,4	85,1	83,8	81,2	78,5	75,9	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	25,4	61,9	87,4	7,5	87,4	87,4	81,1	86,2	84,9	83,6	81,0	78,3	75,6	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	27,3	61,9	87,4	7,9	87,4	87,4	81,2	86,1	84,7	83,4	80,7	78,0	75,4	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	62,1	87,5	8,2	87,5	87,5	81,3	85,9	84,5	83,2	80,4	77,8	75,2	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	62,0	87,5	8,5	87,5	87,5	81,1	85,8	84,4	83,0	80,2	77,6	75,0	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.30 — H70-T20: категория емкости СХКВ B, заправка со связью

H70-T20: категория емкости СХКВ B, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,0	74,2	87,5	0,4	87,5	87,5	81,0	87,2	86,8	86,1	85,6	84,6	83,6	82,4	80,9	Нет заправки
	45	2,2	74,0	87,5	1,1	87,5	87,5	81,6	87,3	86,9	86,4	85,4	84,3	83,0	81,5	79,7	Нет заправки
	40	3,3	71,3	87,5	1,7	87,5	87,5	80,7	87,1	86,7	86,1	85,0	83,6	82,1	80,3	78,2	Нет заправки
	35	3,5	71,4	87,5	1,8	87,5	87,5	80,9	87,1	86,6	86,1	84,9	83,5	82,0	80,3	78,1	Нет заправки
	30	4,5	70,5	87,5	2,2	87,5	87,5	81,3	86,9	86,4	85,8	84,5	83,0	81,3	79,4	77,1	Нет заправки
	25	5,5	68,6	87,5	2,6	87,5	87,5	81,0	86,8	86,2	85,5	84,1	82,4	80,5	78,5	76,1	Нет заправки
	20	6,7	67,1	87,5	3,1	87,5	87,5	81,1	86,7	86,0	85,2	83,6	81,8	79,8	77,6	75,0	Нет заправки
	10	8,8	64,8	87,5	3,8	87,5	87,5	81,2	86,5	85,6	84,7	82,8	80,8	78,5	76,1	73,4	Нет заправки
	0	13,2	60,2	87,5	5,3	87,5	87,5	81,3	86,1	84,9	83,7	81,2	78,7	76,0	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	14,2	59,9	87,4	5,4	87,4	87,4	81,1	86,0	84,8	83,5	81,0	78,4	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	15,2	60,1	87,4	5,4	87,4	87,4	81,1	85,9	84,6	83,3	80,8	78,1	75,5	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	16,1	60,2	87,3	5,4	87,3	87,3	81,0	85,7	84,5	83,2	80,6	77,9	75,3	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–40	17,1	60,4	87,3	5,5	87,3	87,3	81,1	85,6	84,3	83,0	80,3	77,7	75,1	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.31 — H70-T40: категория емкости СХКВ С, заправка без связи

H70-T40: категория емкости СХКВ С, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	7,6	77,9	78,8	78,4	77,9	77,3	77,3	76,5	76,0	75,2	74,3	72,8	Нет заправки
	45	11,0	75,8	77,4	78,1	77,6	77,0	77,2	76,4	76,0	75,1	74,2	72,8	Нет заправки
	40	14,5	72,8	75,3	77,9	77,3	76,6	77,0	76,2	75,9	75,0	74,2	72,7	Нет заправки
	35	15,3	72,2	75,1	77,4	76,8	76,2	76,6	75,8	75,6	74,8	74,0	72,7	Нет заправки
	30	17,9	70,5	73,9	76,7	76,0	76,2	75,7	74,8	74,5	73,6	72,7	71,3	Нет заправки
	25	19,9	71,1	75,0	75,9	75,2	75,3	74,8	73,7	73,4	72,3	71,3	Нет заправки	Нет заправки
	20	19,9	75,7	75,4	75,0	74,1	74,3	73,7	72,5	72,1	71,0	69,9	Нет заправки	Нет заправки
	10	19,9	74,0	73,7	73,1	72,0	72,3	71,6	70,8	69,6	68,6	67,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	19,9	73,0	72,5	71,6	71,2	70,2	69,4	68,4	67,1	65,8	64,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	72,3	71,8	70,9	70,4	69,1	67,7	66,0	64,4	63,0	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	71,5	71,0	70,2	69,7	68,4	67,1	64,9	62,0	60,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	70,5	70,1	69,3	68,9	67,7	66,3	64,3	61,4	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	70,0	69,6	68,8	68,4	67,2	65,9	63,9	61,1	58,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.32 — H70-T30: категория емкости СХКВ С, заправка без связи

H70-T30: категория емкости СХКВ С, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	3,1	76,1	77,5	78,8	78,1	77,5	77,1	76,2	75,5	74,8	74,0	72,8	Нет заправки
	45	4,9	75,1	76,9	78,0	77,4	76,8	76,6	75,9	75,4	74,8	74,0	72,8	Нет заправки
	40	7,1	72,8	75,5	77,5	77,0	76,8	76,4	75,8	75,4	74,7	71,0	72,7	Нет заправки
	35	7,5	72,5	75,3	77,0	76,4	76,3	76,0	75,4	75,1	74,5	73,9	72,7	Нет заправки
	30	9,3	70,8	74,2	76,2	75,6	75,6	75,2	74,4	74,1	73,4	72,6	71,3	Нет заправки
	25	11,2	69,0	73,0	75,5	74,8	74,8	74,4	73,4	73,0	72,2	71,3	Нет заправки	Нет заправки
	20	13,3	67,2	71,9	74,8	74,1	74,1	73,5	72,4	72,0	70,9	69,9	Нет заправки	Нет заправки
	10	17,0	64,7	70,0	73,4	72,3	72,4	71,7	70,9	69,7	68,6	67,1	Нет заправки	Нет заправки
	0	19,9	70,6	73,2	72,3	71,8	70,7	69,8	68,7	67,2	65,9	64,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	73,0	72,5	71,5	71,0	69,6	68,1	66,3	64,6	63,1	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	72,3	71,8	70,8	70,3	68,9	67,5	65,2	62,2	60,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	71,2	70,8	69,9	69,5	68,2	66,7	64,6	61,5	58,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	70,7	70,3	69,4	69,0	67,7	66,3	64,2	61,2	58,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.33 — H70-T20: категория емкости СХКВ С, заправка без связи

H70-T20: категория емкости СХКВ С, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,2	74,3	76,4	80,1	79,3	78,5	77,9	76,7	75,6	74,7	73,9	72,8	Нет заправки
	45	2,2	74,0	76,4	78,6	77,9	77,2	76,8	75,8	75,1	74,4	73,8	72,8	Нет заправки
	40	3,3	71,3	74,4	77,7	77,0	76,6	76,1	75,4	74,9	74,4	73,8	72,8	Нет заправки
	35	3,5	71,4	74,6	77,0	76,4	76,0	75,6	74,9	74,6	74,1	73,7	72,7	Нет заправки
	30	4,5	70,5	74,1	76,1	75,5	75,0	74,6	73,9	73,5	73,0	72,4	71,3	Нет заправки
	25	5,5	68,6	72,8	75,2	74,6	74,1	73,7	72,9	72,5	71,8	71,1	Нет заправки	Нет заправки
	20	6,6	67,1	71,9	74,5	73,8	73,3	72,8	71,9	71,4	70,6	69,8	Нет заправки	Нет заправки
	10	8,7	65,1	70,6	73,0	72,2	71,6	71,0	70,1	69,2	68,3	67,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	12,9	60,4	67,5	72,4	71,2	70,2	69,4	68,3	67,0	65,8	64,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	13,6	60,4	67,5	71,3	70,5	69,2	67,8	66,0	64,4	63,0	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	14,4	60,0	67,2	70,7	70,0	68,7	67,3	64,9	62,0	60,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	15,0	60,2	67,3	69,9	69,3	68,0	66,6	64,4	61,4	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	15,7	60,2	67,2	69,5	68,9	67,6	66,2	64,0	61,2	58,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.34 — H70-T40: категория емкости СХКВ С, заправка со связью

H70-T40: категория емкости СХКВ С, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5–5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	7,6	77,9	87,5	2,8	87,5	87,5	81,1	86,2	86,9	86,6	85,8	84,9	83,8	82,6	81,0	Нет заправки
	45	11,0	75,8	87,5	3,8	87,5	87,5	81,4	87,0	86,7	86,2	85,2	84,1	82,8	81,4	79,6	Нет заправки
	40	14,5	72,8	87,4	4,5	87,4	87,4	81,2	87,0	86,4	85,9	84,6	83,3	81,8	80,2	78,2	Нет заправки
	35	15,3	72,2	87,4	4,6	87,4	87,4	81,1	87,0	86,4	85,9	84,6	83,2	81,7	80,1	78,2	Нет заправки
	30	17,9	70,5	87,4	5,0	87,4	87,4	81,1	86,9	86,3	85,6	84,2	82,6	81,0	79,2	77,2	Нет заправки
	25	19,9	71,1	87,3	5,4	87,3	87,3	83,2	86,8	86,0	85,3	83,7	82,0	80,2	78,3	76,1	Нет заправки
	20	19,9	77,4	87,3	5,6	87,3	87,3	87,1	86,4	85,5	84,7	83,0	81,2	79,3	77,4	75,0	Нет заправки
	10	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	87,3	87,1	86,6	85,7	84,8	83,9	82,0	80,0	78,0	75,9	73,4	Нет заправки
	0	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,6	86,3	85,7	84,6	83,4	82,3	80,0	77,7	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,4	86,1	85,5	84,4	83,2	82,1	79,8	77,5	75,2	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,2	85,9	85,3	84,2	83,0	81,9	79,6	77,3	75,0	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,0	85,7	85,0	83,9	82,8	81,7	79,4	77,1	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	85,8	85,5	84,8	83,7	82,6	81,4	79,2	76,9	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.35 — H70-T30: категория емкости СХКВ С, заправка со связью

H70-T30: категория емкости СХКВ С, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5–5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	3,1	76,1	87,5	1,4	87,5	87,5	80,8	87,1	86,9	86,5	85,7	84,8	83,7	82,5	81,0	Нет заправки
	45	4,9	75,1	87,5	2,2	87,5	87,5	81,4	87,1	86,7	86,3	85,3	84,1	82,8	81,4	79,6	Нет заправки
	40	7,1	72,8	87,5	3,0	87,5	87,5	81,3	87,0	86,5	86,0	84,7	83,4	81,8	80,2	78,1	Нет заправки
	35	7,5	72,5	87,5	3,1	87,5	87,5	81,2	87,1	86,5	86,0	84,7	83,3	81,8	80,1	78,1	Нет заправки
	30	9,3	70,8	87,5	3,7	87,5	87,5	81,3	87,0	86,4	85,7	84,3	82,7	81,1	79,2	77,1	Нет заправки
	25	11,2	69,0	87,5	4,3	87,5	87,5	81,2	86,9	86,2	85,5	83,9	82,1	80,3	78,3	76,1	Нет заправки
	20	13,3	67,2	87,5	4,9	87,5	87,5	81,3	86,8	86,0	85,2	83,4	81,5	79,5	77,4	75,0	Нет заправки
	10	17,0	64,7	87,4	5,5	87,4	87,4	81,1	86,8	85,7	84,7	82,6	80,5	78,3	76,0	73,4	Нет заправки
	0	19,9	70,6	87,3	5,8	87,3	87,3	87,3	86,0	84,7	83,5	80,9	78,3	75,7	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	73,4	87,3	5,7	87,3	87,3	87,0	85,8	84,5	83,2	80,7	78,1	75,5	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	76,3	87,3	5,6	87,3	87,3	86,8	85,6	84,3	83,0	80,4	77,9	75,3	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	78,8	87,3	5,5	87,3	87,3	86,6	85,3	84,1	82,8	80,2	77,7	75,1	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	81,1	87,3	5,5	87,3	87,3	86,4	85,2	83,9	82,6	80,0	77,5	75,0	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.36 — H70-T20: категория емкости СХКВ С, заправка со связью

H70-T20: Категория емкости СХКВ С, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление, P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5–5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,2	Нет долива	Нет долива	Нет долива	74,3	76,4	80,7	87,2	86,8	86,4	85,6	84,6	83,6	82,4	82,9	Нет заправки
	45	2,2	74,0	87,5	1,1	87,5	87,5	81,6	87,2	86,7	86,3	85,2	84,1	82,8	81,3	79,6	Нет заправки
	40	3,3	71,3	87,5	1,7	87,5	87,5	80,7	87,2	86,6	86,0	84,8	83,4	81,9	80,2	78,1	Нет заправки
	35	3,5	71,4	87,5	1,8	87,5	87,5	80,9	87,2	86,6	86,0	84,8	83,4	81,8	80,1	78,1	Нет заправки
	30	4,4	70,5	87,5	2,2	87,5	87,5	81,4	87,1	86,5	85,8	84,4	82,8	81,1	79,3	77,1	Нет заправки
	25	5,5	68,6	87,5	2,6	87,5	87,5	81,0	87,1	86,4	85,6	84,0	82,3	80,4	78,4	76,0	Нет заправки
	20	6,6	67,1	87,5	3,1	87,5	87,5	81,1	87,0	86,2	85,3	83,6	81,7	79,6	77,5	75,0	Нет заправки
	10	8,7	65,1	87,5	3,6	87,5	87,5	81,2	86,9	85,9	84,9	82,8	80,7	78,4	76,0	73,4	Нет заправки
	0	12,8	60,4	87,4	4,8	87,4	87,4	81,2	86,5	85,3	84,0	81,3	78,6	75,9	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	13,6	60,4	87,4	4,8	87,4	87,4	81,3	86,4	85,1	83,8	81,2	78,5	75,8	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	14,3	60,0	87,4	4,9	87,4	87,4	81,1	86,4	85,0	83,7	81,0	78,3	75,6	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	15,0	60,2	87,3	4,9	87,3	87,3	81,2	86,3	84,9	83,6	80,9	78,2	75,5	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–40	15,7	60,2	87,3	5,0	87,3	87,3	81,2	86,2	84,9	83,5	80,8	78,0	75,3	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.37 — H70-T40D: категория емкости СХКВ D, заправка без связи

H70-T40D: категория емкости СХКВ D, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	7,6	73,6	72,6	72,6	72,2	71,9	71,9	71,5	71,2	71,0	71,2	71,9	Нет заправки
	45	11,0	73,1	72,2	72,6	71,8	71,6	71,5	71,2	71,0	70,9	71,1	71,9	Нет заправки
	40	14,5	71,3	71,8	72,2	71,4	71,2	71,2	70,9	70,8	70,8	71,1	71,9	Нет заправки
	35	15,3	71,4	71,3	71,3	71,1	70,9	70,8	70,6	70,6	70,7	71,0	71,9	Нет заправки
	30	17,9	70,5	71,0	71,0	70,2	70,0	69,9	69,6	69,5	69,6	69,9	70,8	Нет заправки
	25	19,9	68,6	69,7	69,6	69,3	69,0	68,9	68,6	68,4	68,5	68,8	Нет заправки	Нет заправки
	20	19,9	67,1	68,9	68,8	68,4	68,1	67,9	67,5	67,4	67,4	67,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	19,9	64,7	67,8	67,3	66,3	65,9	65,6	65,1	64,7	64,5	64,6	Нет заправки	Нет заправки
	0	19,9	60,4	67,3	66,8	65,9	64,9	64,0	63,4	63,0	62,9	63,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	60,4	66,8	66,3	65,4	64,5	63,5	61,5	60,8	60,6	60,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	60,0	66,3	65,8	65,0	64,1	63,0	61,2	59,4	57,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	60,2	65,8	65,3	64,5	63,7	62,7	61,0	59,3	57,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	60,2	65,3	64,8	64,1	63,3	62,4	60,7	59,1	57,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.38 — H70-T30D: категория емкости СХКВ D, заправка без связи

H70-T30 D: категория емкости СХКВ D, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	3,1	73,6	72,6	72,6	72,6	71,9	71,9	71,5	71,2	71,0	71,2	71,9	Нет заправки
	45	4,9	73,1	72,2	72,2	72,6	71,6	71,5	71,2	71,0	70,9	71,1	71,9	Нет заправки
	40	7,1	71,3	71,8	71,8	72,2	71,2	71,2	70,9	70,8	70,8	71,1	71,9	Нет заправки
	35	7,5	71,4	71,3	71,3	71,3	70,9	70,8	70,6	70,6	70,7	71,0	71,9	Нет заправки
	30	9,3	70,5	71,0	71,0	71,0	70,0	69,9	69,6	69,5	69,6	69,9	70,8	Нет заправки
	25	11,2	68,6	69,7	69,7	69,6	69,0	68,9	68,6	68,4	68,5	68,8	Нет заправки	Нет заправки
	20	13,3	67,1	68,9	68,9	68,8	68,1	67,9	67,5	67,4	67,4	67,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	17,0	64,7	67,8	67,8	67,3	65,9	65,6	65,1	64,7	64,5	64,6	Нет заправки	Нет заправки
	0	19,9	60,4	67,3	67,3	66,8	64,9	64,0	63,4	63,0	62,9	63,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	60,4	66,8	66,8	66,3	64,5	63,5	61,5	60,8	60,6	60,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	60,0	66,3	66,3	65,8	64,1	63,0	61,2	59,4	57,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	60,2	65,8	65,8	65,3	63,7	62,7	61,0	59,3	57,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	60,2	65,3	65,3	64,8	63,3	62,4	60,7	59,1	57,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.39 — H70-T20: категория емкости СХКВ D, заправка без связи

H70-T20: категория емкости СХКВ D, заправка без связи		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,2	73,6	72,6	72,6	72,2	71,9	71,9	71,5	71,2	71,0	71,2	71,9	Нет заправки
	45	2,2	73,1	72,2	72,6	71,8	71,6	71,5	71,2	71,0	70,9	71,1	71,9	Нет заправки
	40	3,3	71,3	71,8	72,2	71,4	71,2	71,2	70,9	70,8	70,8	71,1	71,9	Нет заправки
	35	3,5	71,4	71,3	71,3	71,1	70,9	70,8	70,6	70,6	70,7	71,0	71,9	Нет заправки
	30	4,5	70,5	71,0	71,0	70,2	70,0	69,9	69,6	69,5	69,6	69,9	70,8	Нет заправки
	25	5,5	68,6	69,7	69,6	69,3	69,0	68,9	68,6	68,4	68,5	68,8	Нет заправки	Нет заправки
	20	6,6	67,1	68,9	68,8	68,4	68,1	67,9	67,5	67,4	67,4	67,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	8,7	64,7	67,8	67,3	66,3	65,9	6,6	65,1	64,7	64,5	64,6	Нет заправки	Нет заправки
	0	12,9	60,4	67,3	66,8	65,9	64,9	64,0	63,4	63,0	62,9	63,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	13,6	60,4	66,8	66,3	65,4	64,5	63,5	61,5	60,8	60,6	60,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	14,4	60,0	66,3	65,8	65,0	64,1	63,0	61,2	59,4	57,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	15,0	60,2	65,8	65,3	64,5	63,7	62,7	61,0	59,3	57,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	15,7	60,2	65,3	64,8	64,1	63,3	62,4	60,7	59,1	57,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.40 — H70-T40D: категория емкости СХКВ D, заправка со связью

H70-T40D: категория емкости СХКВ D, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	7,6	77,9	87,5	2,8	87,5	87,5	81,1	86,2	86,9	86,6	85,8	84,9	83,8	82,6	81,0	Нет заправки
	45	11,0	75,8	87,5	3,8	87,5	87,5	81,4	87,0	86,7	86,2	85,2	84,1	82,8	81,4	79,6	Нет заправки
	40	14,5	72,8	87,4	4,5	87,4	87,4	81,2	87,0	86,4	85,9	84,6	83,3	81,8	80,2	78,2	Нет заправки
	35	15,3	72,2	87,4	4,6	87,4	87,4	81,1	87,0	86,4	85,9	84,6	83,2	81,7	80,1	78,2	Нет заправки
	30	17,9	70,5	87,4	5,0	87,4	87,4	81,1	86,9	86,3	85,6	84,2	82,6	81,0	79,2	77,2	Нет заправки
	25	19,9	71,1	87,3	5,4	87,3	87,3	83,2	86,8	86,0	85,3	83,7	82,0	80,2	78,3	76,1	Нет заправки
	20	19,9	77,4	87,3	5,6	87,3	87,3	87,1	86,4	85,5	84,7	83,0	81,2	79,3	77,4	75,0	Нет заправки
	10	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	87,3	87,1	86,6	85,7	84,8	83,9	82,0	80,0	78,0	75,9	73,4	Нет заправки
	0	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,6	86,3	85,7	84,6	83,4	82,3	80,0	77,7	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,4	86,1	85,5	84,4	83,2	82,1	79,8	77,5	75,2	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,2	85,9	85,3	84,2	83,0	81,9	79,6	77,3	75,0	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,0	85,7	85,0	83,9	82,8	81,7	79,4	77,1	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	85,8	85,5	84,8	83,7	82,6	81,4	79,2	76,9	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.41 — H70-T30D: категория емкости СХКВ D, заправка со связью

H70-T30D: категория емкости СХКВ D, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	3,1	76,1	87,5	1,4	87,5	87,5	80,8	87,1	86,9	86,5	85,7	84,8	83,7	82,5	81,0	Нет заправки
	45	4,9	75,1	87,5	2,2	87,5	87,5	81,4	87,1	86,7	86,3	85,3	84,1	82,8	81,4	79,6	Нет заправки
	40	7,1	72,8	87,5	3,0	87,5	87,5	81,3	87,0	86,5	86,0	84,7	83,4	81,8	80,2	78,1	Нет заправки
	35	7,5	72,5	87,5	3,1	87,5	87,5	81,2	87,1	86,5	86,0	84,7	83,3	81,8	80,1	78,1	Нет заправки
	30	9,3	70,8	87,5	3,7	87,5	87,5	81,3	87,0	86,4	85,7	84,3	82,7	81,1	79,2	77,1	Нет заправки
	25	11,2	69,0	87,5	4,3	87,5	87,5	81,2	86,9	86,2	85,5	83,9	82,1	80,3	78,3	76,1	Нет заправки
	20	13,3	67,2	87,5	4,9	87,5	87,5	81,3	86,8	86,0	85,2	83,4	81,5	79,5	77,4	75,0	Нет заправки
	10	17,0	64,7	87,4	5,5	87,4	87,4	81,1	86,8	85,7	84,7	82,6	80,5	78,3	76,0	73,4	Нет заправки
	0	19,9	70,6	87,3	5,8	87,3	87,3	87,3	86,0	84,7	83,5	80,9	78,3	75,7	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	73,4	87,3	5,7	87,3	87,3	87,0	85,8	84,5	83,2	80,7	78,1	75,5	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	76,3	87,3	5,6	87,3	87,3	86,8	85,6	84,3	83,0	80,4	77,9	75,3	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	78,8	87,3	5,5	87,3	87,3	86,6	85,3	84,1	82,8	80,2	77,7	75,1	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	81,1	87,3	5,5	87,3	87,3	86,4	85,2	83,9	82,6	80,0	77,5	75,0	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Г.42 — H70-T20: категория емкости СХКВ D, заправка со связью

H70-T20: категория емкости СХКВ D, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	1,2	Нет долива	Нет долива	Нет долива	74,3	76,4	80,7	87,2	86,8	86,4	85,6	84,6	83,6	82,4	80,9	Нет заправки
	45	2,2	74,0	87,5	1,1	87,5	87,5	81,6	87,2	86,7	86,3	85,2	84,1	82,8	81,3	79,6	Нет заправки
	40	3,3	71,3	87,5	1,7	87,5	87,5	80,7	87,2	86,6	86,0	84,8	83,4	81,9	80,2	78,1	Нет заправки
	35	3,5	71,4	87,5	1,8	87,5	87,5	80,9	87,2	86,6	86,0	84,8	83,4	81,8	80,1	78,1	Нет заправки
	30	4,4	70,5	87,5	2,2	87,5	87,5	81,4	87,1	86,5	85,8	84,4	82,8	81,1	79,3	77,1	Нет заправки
	25	5,5	68,6	87,5	2,6	87,5	87,5	81,0	87,1	86,4	85,6	84,0	82,3	80,4	78,4	76,0	Нет заправки
	20	6,6	67,1	87,5	3,1	87,5	87,5	81,1	87,0	86,2	85,3	83,6	81,7	79,6	77,5	75,0	Нет заправки
	10	8,7	65,1	87,5	3,6	87,5	87,5	81,2	86,9	85,9	84,9	82,8	80,7	78,4	76,0	73,4	Нет заправки
	0	12,8	60,4	87,4	4,8	87,4	87,4	81,2	86,5	85,3	84,0	81,3	78,6	75,9	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	13,6	60,4	87,4	4,8	87,4	87,4	81,3	86,4	85,1	83,8	81,2	78,5	75,8	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	14,3	60,0	87,4	4,9	87,4	87,4	81,1	86,4	85,0	83,7	81,0	78,3	75,6	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	15,0	60,2	87,3	4,9	87,3	87,3	81,2	86,3	84,9	83,6	80,9	78,2	75,5	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–40	15,7	60,2	87,3	5,0	87,3	87,3	81,2	86,2	84,9	83,5	80,8	78,0	75,3	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Приложение Д
(обязательное)

Дополнительные таблицы для предварительно охлажденных ТРК (Н70)

Д.1 Дополнительные таблицы заправок для охлажденных ТРК (Н70) можно использовать для сокращения времени заправки при повторной заправке. Таблицы предназначены только для заправок со связью. Для того, чтобы использовать их, ТРК должна использовать датчик температуры с классом SIL в месте соединения. Эта эталонная температура (либо 0 °С, либо минус 10 °С) является начальной температурой, для которой используются эти таблицы. Остальная часть процедуры заправки идентична стандартным таблицам в приложении Г (см. приложение Ж для рекомендаций по интерполяции табличных значений).

Д.2 Таблицы холодных заправок со связью

Д.2.1 Таблицы холодных заправок со связью при 0 °С

Таблица Д.1 Н70-Т40: категория емкости СХКВ категории А со связью (0 °С)
Таблица Д.2 Н70-Т30: категория емкости СХКВ категории А со связью (0 °С)
Таблица Д.3 Н70-Т40: категория емкости СХКВ категории В со связью (0 °С)
Таблица Д.4 Н70-Т30: категория емкости СХКВ категории В со связью (0 °С)
Таблица Д.5 Н70-Т40: категория емкости СХКВ категории С со связью (0 °С)
Таблица Д.6 Н70-Т30: категория емкости СХКВ категории С со связью (0 °С)

Д.2.2 Таблицы холодных заправок со связью при минус 10 °С

Таблица Д.7 Н70-Т40: категория емкости СХКВ категории А со связью (–10 °С)
Таблица Д.8 Н70-Т30: категория емкости СХКВ категории А со связью (–10 °С)
Таблица Д.9 Н70-Т40: категория емкости СХКВ категории В со связью (–10°С)
Таблица Д.10 Н70-Т30: категория емкости СХКВ категории В со связью (–10 °С)
Таблица Д.11 Н70-Т40: категория емкости СХКВ категории С со связью (–10 °С)
Таблица Д.12 Н70-Т30: категория емкости СХКВ категории С со связью (–10 °С)

Таблица Д.1 — H70-T40: категория емкости СХКВ А, заправка со связью (0 °С)

H70-T40: категория емкости СХКВ А, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	7,4	76,1	87,5	4,1	87,5	87,5	80,9	87,1	86,9	86,6	85,8	84,9	83,8	82,5	80,9	Нет заправки
	45	11,1	73,6	87,5	6,1	87,5	87,5	81,4	87,0	86,7	86,2	85,3	84,1	82,8	81,3	79,5	Нет заправки
	40	14,9	70,3	87,5	8,0	87,5	87,5	81,2	87,0	86,4	85,9	84,7	83,3	81,8	80,1	78,1	Нет заправки
	35	15,6	70,0	87,5	8,3	87,5	87,5	81,0	87,0	86,5	85,9	84,7	83,3	81,8	80,1	78,0	Нет заправки
	30	18,5	68,7	87,5	9,5	87,5	87,5	81,1	86,9	86,3	85,7	84,2	82,7	81,1	79,2	77,0	Нет заправки
	25	21,4	68,0	87,4	10,2	87,4	87,4	81,3	86,9	86,2	85,4	83,8	82,1	80,3	78,4	76,0	Нет заправки
	20	21,7	67,3	87,4	10,8	87,4	87,4	81,3	86,9	86,0	85,2	83,4	81,5	79,6	77,5	75,0	Нет заправки
	10	28,5	69,3	87,4	8,8	87,4	87,4	84,3	86,7	85,7	84,7	82,6	80,5	78,4	76,1	73,3	Нет заправки
	0	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	81,5	87,2	86,5	85,5	84,3	83,2	80,7	78,3	75,8	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,9	86,6	86,0	84,9	83,8	82,6	80,3	77,9	75,5	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,4	86,1	85,4	84,3	83,2	82,1	79,8	77,5	75,2	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	85,9	85,6	84,9	83,8	82,7	81,5	79,3	77,0	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	85,4	84,1	84,4	83,3	82,1	81,0	78,8	76,6	74,4	72,2	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Д.2 — H70-T30: категория емкости СХКВ А, заправка со связью (0 °С)

H70-T30: категория емкости СХКВ А, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление, P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	4,2	75,7	87,5	2,0	87,5	87,5	81,2	87,4	87,1	86,7	85,9	84,9	73,8	82,5	80,8	Нет заправки
	45	6,6	73,4	87,5	3,1	87,5	87,5	80,9	87,3	86,9	86,5	85,4	84,2	72,9	81,3	79,5	Нет заправки
	40	9,2	71,2	87,5	4,2	87,5	87,5	81,1	87,1	86,6	86,1	84,9	83,5	71,9	80,1	78,0	Нет заправки
	35	9,6	70,9	87,5	4,3	87,5	87,5	81,1	87,1	86,6	86,1	84,8	83,4	71,9	80,1	78,0	Нет заправки
	30	11,5	69,4	87,5	5,1	87,5	87,5	81,4	87,0	86,4	85,8	84,4	82,8	71,1	79,2	77,0	Нет заправки
	25	13,5	67,2	87,5	5,8	87,5	87,5	81,1	86,9	86,2	85,5	84,0	82,3	80,4	78,4	76,0	Нет заправки
	20	15,5	66,0	87,5	6,6	87,5	87,5	81,3	86,7	86,0	85,2	83,5	81,6	79,6	77,5	75,0	Нет заправки
	10	18,8	64,4	87,4	7,2	87,4	87,4	81,1	86,5	85,6	84,7	82,8	80,7	78,4	76,1	73,3	Нет заправки
	0	25,3	62,4	87,4	8,7	87,4	87,4	81,1	86,2	85,0	83,7	81,3	78,7	76,0	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,1	62,7	87,4	9,0	87,4	87,4	81,2	85,9	84,7	83,4	80,9	78,3	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	66,8	87,3	8,9	87,3	87,3	85,7	85,4	84,2	82,9	80,4	77,9	75,3	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	71,3	87,3	8,7	87,3	87,3	86,2	84,9	83,6	82,4	79,9	77,4	75,0	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	75,5	81,9	85,7	84,4	83,2	81,9	79,4	77,0	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Д.3 — H70-T40: категория емкости СХКВ B, заправка со связью (0 °C)

H70-T40: категория емкости СХКВ B, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	9,7	76,5	87,5	3,9	87,5	87,5	81,1	87,2	86,8	86,5	85,7	84,7	83,5	82,3	80,8	Нет заправки
	45	13,5	74,0	87,5	5,2	87,5	87,5	81,4	87,1	86,6	86,1	85,1	83,9	82,6	81,1	79,4	Нет заправки
	40	17,1	71,2	87,5	6,3	87,5	87,5	81,1	87,0	86,4	85,8	84,5	83,1	81,5	79,9	78,0	Нет заправки
	35	17,6	71,3	87,4	6,3	87,4	87,4	81,2	87,0	86,4	85,8	84,5	83,0	81,5	79,9	78,0	Нет заправки
	30	20,2	69,8	87,4	6,7	87,4	87,4	81,1	87,0	86,3	85,5	84,0	82,5	80,8	79,0	77,0	Нет заправки
	25	22,9	68,7	87,4	7,2	87,4	87,4	81,1	86,9	86,1	85,3	83,6	81,9	80,7	78,2	76,0	Нет заправки
	20	25,7	67,6	87,4	8,0	87,4	87,4	81,1	86,9	86,0	85,0	83,2	81,3	79,3	77,3	74,9	Нет заправки
	10	28,5	68,4	87,4	7,9	87,4	87,4	83,9	86,6	85,6	84,5	82,4	80,3	78,1	75,9	73,3	Нет заправки
	0	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	78,4	84,6	86,8	85,6	84,4	83,1	80,6	78,1	75,6	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	82,2	87,1	86,4	85,2	84,0	82,8	80,4	77,9	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,0	86,8	86,1	84,9	83,7	82,4	80,0	77,6	75,1	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,8	86,5	85,7	84,5	83,3	82,1	79,6	77,2	74,9	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,5	86,2	85,4	84,2	83,0	81,8	79,3	77,0	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	<–40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Д.4 — H70-T30: категория емкости СХКВ B, заправка со связью (0 °C)

H70-T30: категория емкости СХКВ B, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	4,2	75,7	87,5	2,0	87,5	87,5	81,2	87,4	87,0	86,6	85,8	84,8	83,6	82,3	80,7	Нет заправки
	45	6,6	73,4	87,5	3,1	87,5	87,5	80,9	87,3	86,9	86,4	85,3	84,0	82,7	81,1	79,4	Нет заправки
	40	9,2	71,2	87,5	3,4	87,5	87,5	81,0	87,2	86,7	86,0	84,7	83,2	81,7	79,9	78,0	Нет заправки
	35	9,4	71,4	87,5	3,5	87,5	87,5	81,2	87,2	86,6	86,0	84,7	83,2	81,6	79,9	77,9	Нет заправки
	30	11,3	69,6	87,5	4,0	87,5	87,5	81,1	87,1	86,5	85,8	84,3	82,7	80,9	73,1	77,0	Нет заправки
	25	13,1	67,8	87,5	4,6	87,5	87,5	81,0	87,0	86,3	85,5	83,8	82,1	80,2	78,2	76,0	Нет заправки
	20	15,0	66,7	87,4	4,9	87,4	87,4	81,3	86,9	86,1	85,2	83,4	81,4	79,4	77,3	74,9	Нет заправки
	10	17,9	64,4	87,3	5,5	87,3	87,3	81,0	86,7	85,8	84,8	82,7	80,5	78,3	76,0	73,3	Нет заправки
	0	23,6	61,9	87,4	8,2	87,4	87,4	81,2	86,4	85,1	83,8	81,2	78,5	75,9	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	25,4	61,9	87,4	7,5	87,4	87,4	81,1	86,2	84,9	83,6	81,0	78,3	75,6	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	27,3	61,9	87,4	7,9	87,4	87,4	81,2	86,1	84,7	83,4	80,7	78,0	75,4	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	62,1	87,5	8,2	87,5	87,5	81,3	85,9	84,5	83,2	80,4	77,8	75,2	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	62,0	87,5	8,5	87,5	87,5	81,1	85,8	84,4	83,0	80,2	77,6	75,0	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Д.5 — H70-T40: категория емкости СХКВ С, заправка со связью (0 °С)

H70-T40: категория емкости СХКВ С, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	12,0	76,0	87,4	3,4	87,4	87,4	81,3	87,2	86,8	86,5	85,6	84,5	83,4	82,1	80,7	Нет заправки
	45	15,6	73,4	87,4	4,0	87,4	87,4	81,2	87,1	86,6	86,1	85,0	83,7	82,4	81,0	79,3	Нет заправки
	40	19,0	70,9	87,4	4,7	87,4	87,4	81,2	87,0	86,4	85,7	84,4	82,9	81,4	79,8	77,9	Нет заправки
	35	19,3	70,8	87,4	4,8	87,4	87,4	81,1	87,0	86,4	85,7	84,4	82,9	81,4	79,7	77,9	Нет заправки
	30	19,9	73,8	87,3	5,0	87,3	87,3	85,2	86,8	86,1	85,3	83,8	82,3	80,6	78,9	77,0	Нет заправки
	25	19,9	78,4	87,4	4,6	87,4	87,4	87,2	86,4	85,7	84,9	83,3	81,6	79,8	78,0	75,9	Нет заправки
	20	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	83,2	87,4	86,9	86,1	85,3	84,4	82,7	80,9	79,0	77,1	74,9	Нет заправки
	10	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	87,2	87,0	86,5	85,6	84,6	83,7	81,8	79,8	77,8	75,7	73,3	Нет заправки
	0	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,6	86,3	85,7	84,6	83,4	82,3	80,0	77,7	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,4	86,1	85,5	84,4	83,2	82,1	79,8	77,5	75,2	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,2	85,9	85,3	84,2	83,0	81,9	79,6	77,3	75,0	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,0	85,7	85,0	83,9	82,8	81,7	79,4	77,1	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	85,8	85,5	84,8	83,7	82,6	81,4	79,2	76,9	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Д.6 — H70-T30: категория емкости СХКВ С, заправка со связью (0 °С)

H70-T30: категория емкости СХКВ В, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	4,4	75,9	87,5	1,8	87,5	87,5	81,4	87,3	86,9	86,5	85,6	84,6	83,4	82,1	80,6	Нет заправки
	45	6,7	73,9	87,5	2,6	87,5	87,5	81,4	87,2	86,7	86,2	85,1	83,9	82,5	81,0	79,3	Нет заправки
	40	9,2	71,3	87,5	3,4	87,5	87,5	81,0	87,1	86,5	85,9	84,5	83,1	81,5	79,8	77,9	Нет заправки
	35	6,4	71,4	87,5	3,5	87,5	87,5	81,2	87,1	86,5	85,9	84,5	83,1	81,5	79,8	77,9	Нет заправки
	30	11,3	69,6	87,5	4,0	87,5	87,5	81,1	87,0	86,4	85,6	84,1	82,5	80,8	78,9	76,9	Нет заправки
	25	13,1	67,8	87,5	4,6	87,5	87,5	81,0	87,0	86,2	85,4	83,7	81,9	80,1	78,1	75,9	Нет заправки
	20	15,0	66,7	87,4	5,0	87,4	87,4	81,3	86,9	86,0	85,1	83,2	81,3	79,3	77,2	74,9	Нет заправки
	10	17,9	64,4	87,3	5,5	87,3	87,3	81,0	86,8	85,7	84,7	82,6	80,4	78,2	75,9	73,3	Нет заправки
	0	19,9	70,6	87,3	5,8	87,3	87,3	87,3	86,0	84,7	83,5	80,9	78,3	75,7	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	73,4	87,3	5,7	87,3	87,3	87,0	85,8	84,5	83,2	80,7	78,1	75,5	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	76,3	87,3	5,6	87,3	87,3	86,8	85,6	84,3	83,0	80,4	77,9	75,3	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	78,8	87,3	5,5	87,3	87,3	86,6	85,3	84,1	82,8	80,2	77,7	75,1	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	81,1	87,3	5,5	87,3	87,3	86,4	85,2	83,9	82,6	80,0	77,5	75,0	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Д.7 — H70-T40: категория емкости СХКВ А, заправка со связью (–10 °С)

H70-T40: категория емкости СХКВ А, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	9,0	75,9	87,5	4,7	87,5	87,5	81,2	87,2	86,9	86,5	85,7	84,8	83,7	82,4	80,8	Нет заправки
	45	13,1	72,7	87,5	6,8	87,5	87,5	81,1	87,1	86,7	86,2	85,2	84,0	82,7	81,2	79,4	Нет заправки
	40	17,2	70,0	87,5	8,6	87,5	87,5	81,1	87,0	86,5	85,9	84,6	83,2	81,7	80,0	78,0	Нет заправки
	35	18,0	70,0	87,5	8,8	87,5	87,5	81,2	87,0	86,5	85,9	84,6	83,2	81,6	80,0	78,0	Нет заправки
	30	21,1	69,1	87,4	9,6	87,4	87,4	81,2	87,0	86,3	85,6	84,1	82,6	80,9	79,1	77,0	Нет заправки
	25	24,4	68,4	87,4	10,2	87,4	87,4	81,1	87,0	86,2	85,4	83,7	82,0	80,2	78,2	76,0	Нет заправки
	20	27,8	67,5	87,4	8,4	87,4	87,4	81,2	86,9	86,0	85,1	83,3	81,4	79,4	77,3	74,9	Нет заправки
	10	28,5	73,1	87,4	8,6	87,4	87,4	87,2	86,3	85,4	84,4	82,3	80,3	78,1	75,9	73,3	Нет заправки
	0	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	85,5	86,8	86,2	85,1	84,0	82,8	80,5	78,1	75,6	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,9	86,6	86,0	84,9	83,8	82,6	80,3	77,9	75,5	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,4	86,1	85,4	84,3	83,2	82,1	79,8	77,5	75,2	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	85,9	85,6	84,9	83,8	82,7	81,5	79,3	77,0	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	85,4	85,1	84,4	83,3	82,1	81,0	78,8	76,6	74,4	72,2	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Д.8 — H70-T30: категория емкости СХКВ А, заправка со связью (–10 °С)

H70-T30: категория емкости СХКВ А, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	4,7	75,3	87,5	2,2	87,5	87,5	81,2	87,3	87,0	86,6	85,8	84,8	83,7	82,3	80,7	Нет заправки
	45	7,4	73,3	87,5	3,3	87,5	87,5	81,2	87,2	86,8	86,3	85,3	84,1	82,8	81,2	79,4	Нет заправки
	40	10,2	70,7	87,5	4,4	87,5	87,5	81,0	87,0	86,5	86,0	84,8	83,3	81,7	80,0	78,0	Нет заправки
	35	10,6	70,5	87,5	4,5	87,5	87,5	81,1	87,0	86,5	85,9	84,7	83,3	81,7	80,0	77,9	Нет заправки
	30	12,6	68,8	87,5	5,3	87,5	87,5	81,1	86,9	86,3	85,7	84,3	82,7	81,0	79,1	77,0	Нет заправки
	25	14,7	67,0	87,5	6,0	87,5	87,5	81,0	86,8	86,1	85,4	83,8	82,1	80,2	78,2	75,9	Нет заправки
	20	16,8	66,0	87,5	6,7	87,5	87,5	81,2	86,6	85,8	85,0	83,4	81,5	79,5	77,3	74,9	Нет заправки
	10	20,3	64,6	87,4	7,2	87,4	87,4	81,0	86,4	85,5	84,5	82,6	80,5	78,3	75,9	73,3	Нет заправки
	0	27,2	62,6	87,4	8,9	87,4	87,4	81,1	86,0	84,8	83,5	81,0	78,5	75,8	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,1	62,7	87,4	9,0	87,4	87,4	81,2	85,9	84,7	83,4	80,9	78,3	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	66,8	87,3	8,9	87,3	87,3	85,7	85,4	84,2	82,9	80,4	77,9	75,3	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	71,3	87,3	8,7	87,3	87,3	86,2	84,9	83,6	82,4	79,9	77,4	75,0	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	75,5	81,9	85,7	84,4	83,2	81,9	79,4	77,0	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Д.9 — H70-T40: категория емкости СХКВ В, заправка со связью (–10°С)

H70-T40: категория емкости СХКВ В, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	11,1	75,9	87,5	4,1	87,5	87,5	81,2	87,2	86,8	86,5	85,6	84,6	83,4	82,2	80,7	Нет заправки
	45	15,1	73,1	87,5	5,4	87,5	87,5	81,1	87,1	86,6	86,1	85,0	83,8	82,4	81,0	79,3	Нет заправки
	40	18,9	70,9	87,4	6,2	87,4	87,4	81,1	87,0	86,4	85,8	84,4	82,9	81,4	79,8	77,9	Нет заправки
	35	19,4	71,0	87,4	6,2	87,4	87,4	81,2	87,0	86,4	85,8	84,4	82,9	81,4	79,7	77,9	Нет заправки
	30	22,2	69,8	87,4	6,7	87,4	87,4	81,3	87,0	86,3	85,5	84,0	82,3	80,7	78,9	76,9	Нет заправки
	25	24,9	68,5	87,4	7,5	87,4	87,4	81,1	87,0	86,1	85,3	83,5	81,8	79,9	78,1	75,9	Нет заправки
	20	27,7	67,0	87,5	7,4	87,5	87,5	81,1	86,9	86,0	85,0	83,1	81,1	79,2	77,2	74,9	Нет заправки
	10	28,5	71,0	87,4	7,6	87,4	87,4	86,7	86,4	85,4	84,3	82,2	80,1	78,0	75,8	73,3	Нет заправки
	0	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	81,0	87,2	86,5	85,3	84,1	82,9	80,4	77,9	75,5	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	82,2	87,1	86,4	85,2	84,0	82,8	80,4	77,9	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,0	86,8	86,1	84,9	83,7	82,4	80,0	77,6	75,1	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,8	86,5	85,7	84,5	83,3	82,1	79,6	77,2	74,9	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,5	86,2	85,4	84,2	83,0	81,8	79,3	77,0	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Д.10 — H70-T30: категория емкости СХКВ B, заправка со связью (–10 °C)

H70-T30: категория емкости СХКВ B, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	4,7	75,3	87,5	2,2	87,5	87,5	81,1	87,4	87,1	86,7	85,7	84,7	83,5	82,2	80,7	Нет заправки
	45	7,3	73,2	87,5	2,7	87,5	87,5	81,0	87,3	86,9	86,3	85,2	84,0	82,6	81,0	79,3	Нет заправки
	40	9,9	71,2	87,5	3,5	87,5	87,5	81,3	87,2	86,6	86,0	84,6	83,1	81,5	79,8	77,9	Нет заправки
	35	10,1	71,1	87,5	3,6	87,5	87,5	81,2	87,1	86,6	86,0	84,6	83,1	81,5	79,8	77,9	Нет заправки
	30	12,0	69,5	87,5	4,1	87,5	87,5	81,3	87,0	86,4	85,7	84,2	82,5	80,8	79,0	76,9	Нет заправки
	25	14,0	67,7	87,4	4,6	87,4	87,4	81,2	86,9	86,2	85,4	83,7	81,9	80,1	78,1	75,9	Нет заправки
	20	15,9	66,1	87,4	5,0	87,4	87,4	81,1	86,8	86,0	85,1	83,3	81,3	79,3	77,2	74,9	Нет заправки
	10	18,9	64,5	87,3	5,6	87,3	87,3	81,1	86,6	85,6	84,6	82,5	80,4	78,1	75,8	73,3	Нет заправки
	0	24,9	61,9	87,4	7,4	87,4	87,4	81,1	86,3	85,0	83,7	81,0	78,4	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	25,4	61,9	87,4	7,5	87,4	87,4	81,1	86,2	84,9	83,6	81,0	78,3	75,6	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	27,3	61,9	87,4	7,9	87,4	87,4	81,2	86,1	84,7	83,4	80,7	78,0	75,4	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	28,5	62,1	87,5	8,2	87,5	87,5	81,3	85,9	84,5	83,2	80,4	77,8	75,2	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	28,5	62,0	87,5	8,5	87,5	87,5	81,1	85,8	84,4	83,0	80,2	77,6	75,0	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Д.11 — H70-T40: категория емкости СХКВ С, заправка со связью (–10 °С)

H70-T40: категория емкости СХКВ С, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5—5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	13,2	75,4	87,4	3,4	87,4	87,4	81,3	87,2	86,8	86,4	85,5	84,5	83,3	82,0	80,6	Нет заправки
	45	16,8	72,8	87,4	4,1	87,4	87,4	81,2	87,1	86,6	86,1	84,9	83,6	82,3	80,8	79,3	Нет заправки
	40	19,9	71,4	87,4	4,7	87,4	87,4	81,9	87,0	86,3	85,7	84,3	82,8	81,3	79,6	77,9	Нет заправки
	35	19,9	72,1	87,4	4,8	87,4	87,4	82,6	87,0	86,3	85,6	84,2	82,8	81,2	79,6	77,8	Нет заправки
	30	19,9	76,6	87,3	5,0	87,3	87,3	87,3	86,6	85,9	85,2	83,7	82,1	80,5	78,8	76,9	Нет заправки
	25	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	81,4	85,6	87,0	86,3	85,5	84,7	83,1	81,4	79,7	77,9	75,9	Нет заправки
	20	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,2	87,2	86,8	86,0	85,1	84,3	82,5	80,7	78,9	77,0	74,9	Нет заправки
	10	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	87,1	86,9	86,3	85,4	84,5	83,6	81,7	79,7	77,7	75,6	73,3	Нет заправки
	0	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,5	86,2	85,5	84,4	83,3	82,2	79,9	77,6	75,2	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,4	86,1	85,5	84,4	83,2	82,1	79,8	77,5	75,2	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,2	85,9	85,3	84,2	83,0	81,9	79,6	77,3	75,0	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,0	85,7	85,0	83,9	82,8	81,7	79,4	77,1	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	85,8	85,5	84,8	83,7	82,6	81,4	79,2	76,9	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица Д.12 — H70-T30 категория емкости СХКВ С, заправка со связью (–10 °С)

H70-T30: категория емкости СХКВ С, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление P_{target}, МПа											
			Начальное давление P_0, МПа														
			0,5–5 (не интерполируется)			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	4,8	75,1	87,5	1,9	87,5	87,5	80,9	87,3	86,9	86,5	85,6	84,6	83,4	82,1	80,6	Нет заправки
	45	7,3	73,2	87,5	2,7	87,5	87,5	81,0	87,2	86,7	86,2	85,1	83,8	82,4	80,9	79,2	Нет заправки
	40	9,9	71,2	87,5	3,5	87,5	87,5	81,3	87,1	86,5	85,9	84,5	83,0	81,4	79,7	77,8	Нет заправки
	35	10,1	71,1	87,5	3,6	87,5	87,5	81,2	87,1	86,5	85,9	84,5	83,0	81,4	79,7	77,8	Нет заправки
	30	12,0	69,5	87,5	4,1	87,5	87,5	81,3	87,0	86,3	85,6	84,0	82,4	80,7	78,8	76,9	Нет заправки
	25	14,0	67,7	87,4	4,6	87,4	87,4	81,2	87,0	86,2	85,3	83,6	81,8	79,9	78,0	75,9	Нет заправки
	20	15,9	66,1	87,4	5,0	87,4	87,4	81,1	86,9	86,0	85,1	83,2	81,2	79,2	77,1	74,9	Нет заправки
	10	18,9	64,4	87,3	5,6	87,3	87,3	81,1	86,8	85,7	84,6	82,5	80,3	78,0	75,8	73,3	Нет заправки
	0	19,9	72,5	87,3	5,7	87,3	87,3	87,1	85,9	84,6	83,3	80,7	78,1	75,6	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	19,9	73,4	87,3	5,7	87,3	87,3	87,0	85,8	84,5	83,2	80,7	78,1	75,5	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	19,9	76,3	87,3	5,6	87,3	87,3	86,8	85,6	84,3	83,0	80,4	77,9	75,3	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	19,9	78,8	87,3	5,5	87,3	87,3	86,6	85,3	84,1	82,8	80,2	77,7	75,1	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	19,9	81,1	87,3	5,5	87,3	87,3	86,4	85,2	83,9	82,6	80,0	77,5	75,0	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Приложение Е
(обязательное)

Характеристики температуры подачи водорода в ТРК и характеристики регулирования

Е.1 Температура подачи водорода в ТРК и характеристики связи

Ограничение расхода водорода в ТРК должно быть организовано выше по потоку от места присоединения муфты к ТС. ТРК должна устанавливать температуру водорода при подаче водорода в разрывной муфте в соответствии с протоколом заправки.

Средства измерения температуры подачи водорода должны быть расположены ниже по потоку от места наименьшего ограничения расхода во всем пути потока водорода. В противном случае эффект Джоуля-Томсона приведет к значительному повышению реальной температуры газа, подаваемого в ТС, что приведет к уменьшению эффективности измерения температуры подачи водорода.

Если станция имеет возможность заправки со связью, ТРК должна быть способна заправлять ТС как при наличии, так и при отсутствии связи между ТС и ТРК.

Е.2 Контроль давления

Заправочная станция должна иметь три уровня контроля давления:

- 1-й уровень (управление обычным процессом): прекратить заправку при достижении заданного давления;
- 2-й уровень (управление основными неисправностями: дополнительный уровень электронной защиты): прекратить заправку при достижении 125 % НРД (87,5 МПа для ТРК на 70 МПа; 43,8 МПа для ТРК на 35 МПа);
- 3-й уровень (управление вторичными неисправностями: полностью механический уровень защиты): при достижении установленного значения давления клапана сброса давления заправочной станции. Заданное значение клапана не должно превышать 1,25·НРД + 10 % = 1,375 НРД (96,25 МПа для ТРК на 70 МПа и 48,13 МПа для ТРК на 35 МПа).

Е.3 Допущения при работе ТРК

Допущения руководства по управлению ТРК для соответствия протоколам заправки:

а) документ для обеспечения надлежащего выполнения заправки (см. [1]);

б) измерение температуры подачи водорода, измерение температуры окружающего воздуха и измерение давления на станции соответствуют требованиям 5.2;

в) имеет контрольный таймер («сторожевой таймер») или аналогичный (чтобы гарантировать, что контроллер работает), тогда вышеперечисленное является адекватным обнаружением/управлением неисправностями для обеспечения безопасности процесса заправки.

Приложение Ж
(обязательное)

Примеры интерполяции таблиц

Ж.1 Обычная интерполяция (при известной категории емкости СХКВ)

Для получения фактических параметров заправки из табличных значений должна использоваться линейная интерполяция. Это одномерная интерполяция для $APRR_{actual}$ (на основе температуры окружающей среды, см. рисунок Ж.1) и двухмерная интерполяция для целевого давления (на основе температуры окружающей среды и начального давления СХКВ, см. рисунок Ж.2).

Примечание — Если одно из значений результата интерполяции оказывается в зоне таблицы «нет заправки», то ТРК не должна заправлять транспортное средство.

Пример А — Интерполяция средней скорости изменения давления при температуре окружающей среды 24 °С.

Температура окружающей среды, измеренная на станции, используется для линейной интерполяции средней скорости изменения давления (см. рисунок Ж.1).

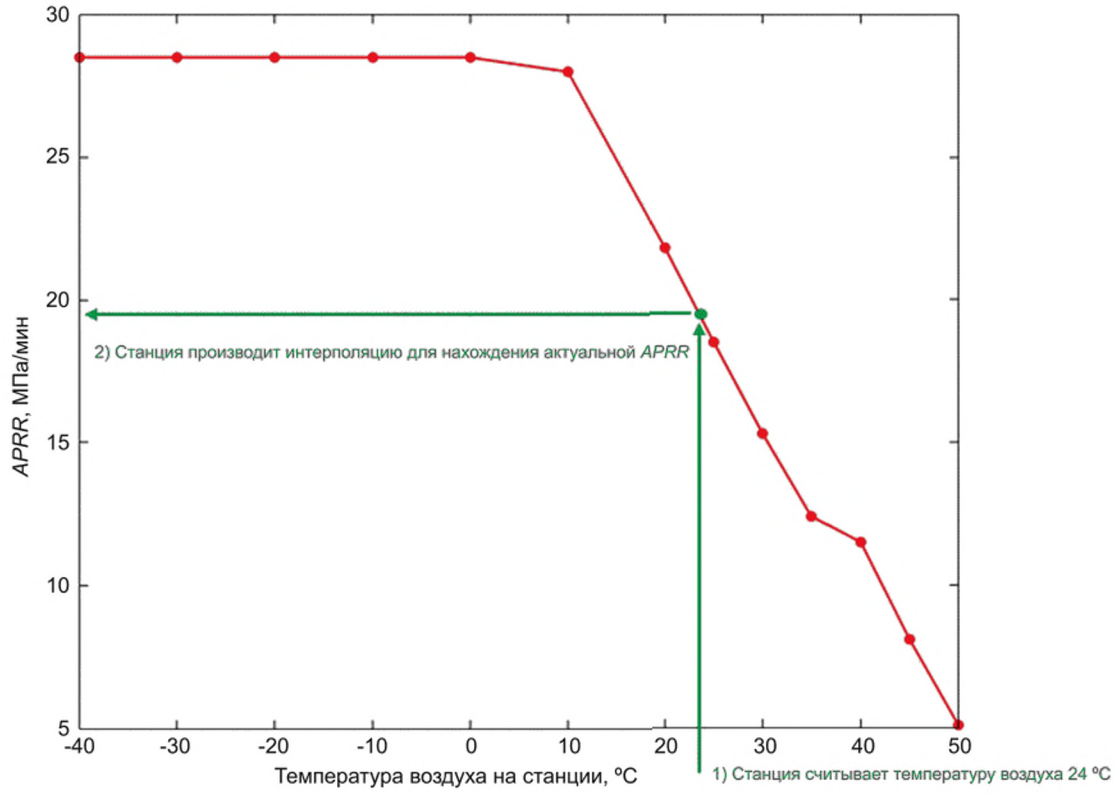


Рисунок Ж.1 — Интерполяция средней скорости изменения давления и температуры окружающей среды

Пример Б — Интерполяция целевого давления заправки при начальном давлении СХКВ 35 МПа.

На рисунке Ж.2 представлено использование таблиц на примере заданного давления.

H70-T40, 4–7 кг, заправка без связи		APRR, МПа	Целевое значение, МПа / Начальное давление, МПа											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Окружающая температура T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	5,1	77,8	77,6	77,3	76,9	76,6	76,2	75,7	75,3	74,7	73,9	72,8	Нет заправки
	45	8,1	76,3	77,2	76,9	76,5	76,4	76,2	75,6	75,3	74,7	73,9	72,7	Нет заправки
	40	11,5	73,2	75,6	76,8	76,3	76,4	76,2	75,6	75,3	74,6	73,9	72,7	Нет заправки
	35	12,4	72,9	75,3	76,4	76,0	76,1	75,9	75,3	75,1	74,5	73,8	72,7	Нет заправки
	30	15,3	70,6	73,9	75,8	75,2	75,4	75,1	74,3	74,1	73,3	72,4	71,3	Нет заправки
	25	18,5	69,0	72,8	75,1	74,5	74,7	74,3	73,3	73,0	72,0	71,1	Нет заправки	Нет заправки
	20	21,8	67,9	72,1	74,5	73,7	74,0		72,2	71,9		69,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	28,0	66,3	71,1	74,1	73,2	72,4		70,9	69,6		66,9	Нет заправки	Нет заправки
	0	28,5	74,0	73,4	72,4	70,6	70,7	69,6	68,6	67,1	65,7	64,0	Нет заправки	Нет заправки
	-10	28,5	73,4	72,9	71,9	70,0	70,0	68,4	66,5	64,4	62,9	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	-20	28,5	72,9	72,3	71,3	71,0	69,5	68,0	65,7	62,4	60,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	-30	28,5	72,1	71,6	70,6	70,4	69,0	67,4	65,2	61,8	58,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	-40	28,5	71,6	71,1	70,2	70,0	68,5	66,9	64,8	61,5	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	<-40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Рисунок Ж.2 — H70-T40, пример таблицы от 4 до 7 кг, заправка без связи

Шаги:

1) выбрать точки, охватывающие диапазон, в котором лежат актуальные значения:

- для температуры окружающей среды 18 °C: 10 °C и 20 °C;
- для начального давления СХКВ 35 МПа: 30 МПа и 40 МПа;

2) провести линейную интерполяцию между значениями целевого давления для первой начальной опорной точки давления в СХКВ (30 МПа) и двух опорных точек температуры окружающей среды: $P_{target2}$ = 70,9 МПа + + (72,2 МПа – 70,9 МПа)·(18 °C – 10 °C)/(20 °C – 10 °C) = 71,94 МПа;

3) провести линейную интерполяцию между значениями целевого давления для второй начальной опорной точки давления в СХКВ (40 МПа) и двух опорных точек температуры окружающей среды: $P_{target3}$ = 69,6 МПа + + (71,9 МПа – 69,6 МПа) · (18 °C – 10 °C)/(20 °C – 10 °C) = 71,44 МПа;

4) провести линейную интерполяцию между промежуточными значениями целевого давления из (2) и (3) с использованием исходных опорных точек давления СХКВ: Целевое давление заправки = 71,94 + (71,44 МПа – – 71,94 МПа) · (35 МПа – 30 МПа)/(40 МПа – 30 МПа) = 71,69 МПа ≈ 71,7 МПа.

Пример В — Интерполяция средней скорости изменения давления при доливе

Для температур окружающей среды, где в таблицах указана дозаправка (долив), а начальное давление в СХКВ находится в диапазоне от 0,5 до 5 МПа, интерполяция выполняется так же, как показано на рисунке Ж.1. Выбираются средние скорости изменения давления для первой части заправки (стандартная заправка) и интерполируются APRR дозаправки для второй части заправки (долив) таким же образом, используя значения APRR дозаправки. (см. значения в красной рамке на рисунке Ж.3).

Для условий, когда таблица заправки не содержит четких указаний, например, на рисунке Ж.3, 15 °C T_{amb} и 1 МПа P_0, заправочная колонка должна использовать значения для следующих наиболее теплых описанных условий, т. е. применяют T_{amb} 20 °C и P_0 1 МПа.

Пример Г — Интерполяция целевого давления заправки при начальном давлении СХКВ 35 МПа

Для температур окружающего воздуха, где в таблицах указан долив, а начальное давление в СХКВ находится в пределах от 0,5 до 5 МПа, интерполируют целевое давление линейно между опорными точками для температуры окружающего воздуха для первой части заправки (стандартная заправка) и целевого давления долива для второй части заправки (дозаправки водородом) таким же образом, используя значения целевого давления долива (см. значения, обведенные красной рамкой на рисунке Ж.3).

Интерполяция не допускается для начальных давлений в СХКВ от 0,5 до 5 МПа и для температур окружающей среды, значения которых предусмотрены в графе «долив».

H70-T40, 7-10 кг, заправка со связью		*APRR*, МПа/мин	Целевое давление, МПа	Целевое давление долива, МПа	*APRR* долива, МПа/мин	Целевое давление, МПа											
						Начальное давление, МПа											
			0,5–5 (нет интерполяции)			0,5	н 2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	7,6	77.9	87.5	2,8	77,9	87,5	81,1	86,2	86.9	86,6	85.8	84,9	83,8	82,6	81,0	Нет заправки
	45	11,0	75,8	87.5	3,8	75,8	87,5	81,4	87,0	86,7	86,2	85,2	84,1	82,8	81,4	79,6	Нет заправки
	40	14,5	72,8	87,4	4,5	72,8	87,4	81,2	87,0	86,4	85,9	84,6	83,3	81,8	80,2	78,2	Нет заправки
	35	15,3	72,2	87,4	4,6	72,2	87,4	81,1	87,0	86,4	85,9	84,6	83,2	81,7	80,1	78,2	Нет заправки
	30	17,9	70.5	87.4	5,0	70,5	87,4	81,1	86.9	86,3	85,6	84,2	82.6	81,0	79,2	77,2	Нет заправки
	25	19,9	71.1	37,3	5,4	71.1	37,3	83,2	86,8	86,0	85,3	83,7	82.0	80,2	78,3	Нет заправки	Нет заправки
	20	19,9	77.4	87,3	5,6	77,4	87,3	87,1	86,4	85,5	84,7	83,0	81,2	79,3	77.4	Нет заправки	Нет заправки
	10	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	87,3	87,1	86,6	85,7	84.8	83,9	82,0	80.0	78,0	75,9	Нет заправки	Нет заправки
	0	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,6	86,3	85,7	84,6	33,4	82,3	80,0	77,7	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	-10	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,4	86,1	85,5	84,4	83,2	82,1	79,8	77,6	75,2	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	-20	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,2	85,9	85,3	84,2	83,0	81,9	79,6	77,3	75,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	-30	19.9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	86,0	85,7	85,0	83,9	82.8	81,7	79,4	77.1	74,8	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	-40	19,9	Нет долива	Нет долива	Нет долива	85,8	85,5	84,8	83,7	82,6	81,4	79,2	76,9	74,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< -40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Рисунок Ж.3 — H70-T40, пример таблицы заправки со связью от 7 до 10 кг

Интерполяция для более высоких начальных давлений СХКВ проводится так же, как и в примере Б, при аналогичных температурах окружающей среды, указывающих на долив, или для температур окружающей среды, при которых долив не допускается.

Для температуры окружающей среды, например, 18 °С на рисунке Ж.3, где по крайней мере в одной точке интерполяции для целевого давления заправки указано «без долива», дозаправка не применяется, а интерполяция целевого давления заправки должна использоваться в соответствии с примером Б, применяя целевое давление, например, 77,4 МПа при температуре окружающей среды 20 °С для начального давления от 0,5 до 5 МПа в качестве одной или двух опорных точек интерполяции для расчета $P_{target2}$ и $P_{target3}$ (см. пример Б).

Ж.2 Интерполяция при неопределенной категории емкости СХКВ (консервативный подход)

Учитывая начальные условия (температуру окружающей среды, давление при запуске транспортного средства и предполагаемый температурный интервал при повторной заправке), *APRR* и целевое давление определяют из трех применимых таблиц для категорий емкости СХКВ A, B и C. Из этих трех значений самые низкие (наименьшая скорость изменения давления и самые низкие целевые давления) должны использоваться для заправки водородом.

Примечание — Выбранные значения *APRR* и целевого давления не обязательно будут взяты из одной и той же таблицы.

Ж.2.1 Потеря связи во время заправки с использованием консервативного подхода

Выполняются описанные в Ж.2 действия для заправки водородом со связью, затем в момент, когда связь между ТС и станцией потеряна, используется та же информация (температура окружающей среды и начальное давление) для определения эквивалентных значений для заправки без связи.

Примечание — Наиболее консервативное значение не обязательно может быть взято из той же таблицы для заправки без связи, что и для заправки со связью.

Например, для начальных условий заправки H70-T40:

- температура окружающей среды 30 °С;
- начальное давление 30 МПа.

Консервативный *APRR* — 12,5 МПа/мин (из таблицы для 2—4 кг, вместо 15,3 МПа/мин из таблицы для 4—7 кг или 17,9 МПа/мин из таблицы для 7—10 кг).

Консервативное целевое давление заправки со связью равно 84,2 МПа (из таблицы для 7—10 кг вместо 84,5 МПа из таблицы для 2—4 кг или 84,3 МПа из таблицы для 4—7 кг).

=> потеря связи =>

Консервативный *APRR* остается на уровне 12,5 МПа/мин (из таблицы для 2—4 кг вместо 15,3 МПа/мин из таблицы для 4—7 кг или 17,9 МПа/мин из таблицы для 7—10 кг).

Консервативное целевое давление без связи равно 73,9 МПа (из таблицы для 2—4 кг вместо 74,3 МПа из таблицы для 4—7 кг или 74,5 МПа из таблицы для 7—10 кг).

Ж.2.2 Падение температуры во время заправки с использованием консервативного подхода

Выполняются описанные в Ж.2 действия для заправки в ожидаемых температурных пределах, а затем, когда температура выйдет за эти пределы, используется та же информация (температура окружающей среды и начальное давление), чтобы определить эквивалентные значения для заправки водородом при новых условиях предварительного охлаждения.

Примечание — Наиболее консервативное значение не обязательно может быть получено из одной и той же таблицы для различных условий предварительного охлаждения. Это не относится к заправке без связи.

Например, для начальных условий заправки H70-T40:

- температура окружающей среды 30 °C;
- начальное давление 30 МПа.

Консервативная T40 *APRR* составляет 12,5 МПа/мин (из таблицы для 2—4 кг вместо 15,3 МПа/мин из таблицы для 4—7 кг или 17,9 МПа/мин из таблицы для 7—10 кг).

Консервативное целевое давление T40 равно 84,2 МПа (из таблицы для 7—10 кг — вместо 84,5 МПа из таблицы для 2—4 кг или 84,3 МПа из таблицы для 4—7 кг).

=> уменьшение T_{fuel} => таблицы T30 (связь)

Консервативная *T30 APRR* составляет 8,7 МПа/мин (из таблицы для 2—4 кг вместо 8,8 МПа/мин из таблицы для 4—7 кг или 9,3 МПа/мин из таблицы для 7—10 кг).

Консервативное целевое давление T30 равно 84,3 МПа (из таблицы для 7—10 кг — вместо 84,7 МПа из таблицы для 2—4 кг или 84,5 МПа из таблицы для 4—7 кг).

Следовательно, консервативное целевое значение $FPRR = (84{,}3 \text{ МПа} - P1) / [1/ (8{,}7 \cdot (84{,}3 - 30) - t_{station\ fallback})]$.

Ж.2.3 Долив при заправке с использованием консервативного подхода

Выполняются описанные в Ж.2 действия для заправки водородом до точки долива, затем в точке, с которой разрешен долив, используют ту же информацию (температура окружающего воздуха) для определения соответствующих параметров долива.

Примечание — Наиболее консервативное значение не обязательно может быть взято из одной и той же таблицы до и после долива. Это утверждение не относится к заправке без связи, поскольку при заправке без связи долив не предусмотрен.

Например, для начальных условий заправки H70-T40:

- температура окружающей среды 30 °C;
- начальное давление 3 МПа.

Консервативная *APRR* 12,5 МПа/мин (из таблицы для 2—4 кг, вместо 15,3 МПа/мин из таблицы для 4—7 кг или 17,9 МПа/мин из таблицы для 7—10 кг).

Консервативное заданное давление заправки со связью (до долива) равно 69,1 МПа (из таблицы для 2—4 кг, вместо 70,6 МПа из таблицы для 4—7 кг или 70,5 МПа из таблицы для 7—10 кг).

=> Долив =>

Консервативная *APRR* долива составляет 5,0 МПа/мин (из таблицы для 7—10 кг, вместо 7,8 МПа/мин из таблицы для 2—4 кг или 6,6 МПа/мин из таблицы для 4—7 кг).

Целевое давление долива равно 87,4 МПа (из таблицы для 7—10 кг, вместо 87,5 МПа из таблицы для 2—4 кг и таблицы для 4—7 кг).

Ж.2.4 Дополнительные примеры — *APRR*

Таблица Ж.1 включает примеры *APRR* для демонстрации выбора консервативной *APRR* в зависимости от температуры окружающей среды.

Таблица Ж.1 — Таблица для выбора консервативной *APRR*

APRR (70 МПа, T40)			
Окружающая температура T_{amb}, °C	Категория 2—4 кг	Категория 4—7 кг	Категория 7—10 кг
50	3,2	5,1	7,6
45	5,8	8,1	11,0
40	8,6	11,5	14,5
35	9,7	12,4	15,3

Окончание таблицы Ж.1

APRR (70 МПа, Т40)			
Окружающая температура T_{amb}, °С	Категория 2—4 кг	Категория 4—7 кг	Категория 7—10 кг
30	12,5	15,3	17,9
25	15,7	18,5	19,9
20	19,3	21,8	19,9
10	27,0	28,0	19,9
0	28,5	28,5	19,9
–10	28,5	28,5	19,9
–20	28,5	28,5	19,9
–30	28,5	28,5	19,9
–40	28,5	28,5	19,9

Если температура окружающей среды составляет 20 °С, должно быть выбрано самое низкое значение — для категории от 2 до 4 кг: 19,3 МПа/мин.

Если температура окружающей среды составляет 10 °С, должно быть выбрано самое низкое значение — для категории от 7 до 10 кг: 19,9 МПа/мин.

При интерполяции между значениями *APRR*, например, если температура окружающей среды составляет 15 °С, следует также выбирать наименьшие значения: 23,15 МПа/мин (категория 2—4 кг), 24,9 МПа/мин (категория 4—7 кг) и 19,9 МПа/мин (категория 7—10 кг); выбрано значение 19,9 МПа/мин из таблицы для категорий 7—10 кг.

Если температура окружающей среды составляет 19,5 °С, выбирается наименьшее значение из трех: 19,685 МПа/мин (категория 2—4 кг), 22,11 МПа/мин МПа/мин выбрано из таблицы категории 2—4 кг.

Ж.2.5 Дополнительные примеры — целевое давление

В таблице Ж.2 приведен пример выбора путем интерполяции «консервативных» целевых давлений по температуре окружающей среды и начальному давлению ТС.

Таблица Ж.2 — Усеченная таблица консервативных заданных давлений

Температура окружающей среды T_{amb}, °С	*APRR* (70 МПа, Т40)								
	Категория 2—4 кг			Категория 4—7 кг			Категория 7—10 кг		
	Начальное давление, МПа								
	10	15	20	10	15	20	10	15	20
…									
35	86,8	86,4	86,0	86,9	86,4	85,9	87,0	86,4	85,9
30	86,8	86,3	85,7	86,8	86,3	85,6	86,9	86,3	85,6
…									

Если температура окружающего воздуха составляет 35 °С, а начальное давление СХКВ ТС составляет 10 МПа, то следует выбрать наименьшее значение из таблицы для категории 2—4 кг: 86,8 МПа.

При температуре окружающего воздуха 30 °С и начальном давлении СХКВ ТС 20 МПа выбирается наименьшее значение из таблиц для категории 4—7 кг или 7—10 кг: 85,6 МПа.

Если температура окружающей среды составляет 32,5 °С, а начальное давление СХКВ ТС — 12,5 МПа, целевое значение давления должно быть выбрано из трех самых низких: 86,583 МПа (категория 2—4 кг), 86,598 (категория 4—7 кг) и 86,645 (категория 7—10 кг); поэтому значение 86,583 МПа выбрано из таблицы для категорий емкости СХКВ 2—4 кг.

Если температура окружающей среды составляет 32,5 °С, а начальное давление СХКВ ТС составляет 17,5 МПа, целевое значение давления следует выбирать из наименьшего из трех: 86,107 МПа (категория 2—4 кг), 86,043 (категория 4—7 кг) и 86,038 (категория 7—10 кг); поэтому значение 86,038 МПа выбрано из таблицы для категорий 7—10 кг.

Соответствующее значение *APRR* будет составлять 11,07 МПа/мин в последних двух случаях.

Приложение И
(обязательное)

Обоснование и разработка протокола заправки водородом на основе формулы MC

И.1 Введение

Протокол заправки на основе формулы MC, описанный в разделе 8, представляет собой адаптивный протокол заправки, который динамически регулирует скорость изменения давления в ТРК и целевое давление в конце заполнения на основе входных данных, которые измеряются заправочной колонкой, а именно температуры окружающей среды, начального давления водорода в СХКВ ТС, массового расхода, измеренного давления и температуры водорода на выходе из ТРК. Подобно протоколу на основе таблицы, описанному в разделе 7, протокол на основе формулы MC использует начальные условия, измеренные ТРК, для расчета соответствующей скорости изменения давления и целевого конечного давления. Однако, в отличие от табличного протокола, который использует эти параметры на протяжении всего заполнения, протокол на основе формулы MC использует эти фиксированные параметры только в течение первых 30 с заполнения, после чего они рассчитываются и обновляются с частотой один раз в секунду на протяжении оставшегося времени заправки.

Протокол на основе формулы MC следует рабочим границам (раздел 4), требованиям процесса (раздел 5) и ключевым допущениям моделирования (раздел 6). Подобно протоколу на основе таблицы, протокол на основе формулы MC был разработан с использованием компьютерного моделирования. Та же модель заправки, описанная в А.1 приложения А, использовалась для получения коэффициентов и параметров для уравнений, определяющих общее время заправки, мгновенную скорость увеличения давления и конечное целевое давление. Те же самые общие допущения (см. А.2 приложения А), а также допущения горячей и холодной заправки (см. А.3 приложения А) используются в протоколе на основе формулы MC.

Структура протокола, основанного на формуле MC, состоит из двух основных частей: контроль скорости изменения давления и контроль конечного давления. Управление скоростью линейного изменения давления определяет мгновенную скорость линейного изменения давления (*PRR*) и основано на допущениях для горячей заправки. Это основано на регрессионном уравнении, которое определяет время t_{final}, необходимое для заполнения от минимального давления P_{min} до конечного давления P_{final} без превышения предела температуры водорода 85 °С при горячей заправке. Уравнение регрессии для t_{final} представляет собой кубический полином, основанный на среднемассовой температуре подачи водорода T_{fuel}. Коэффициенты для этого кубического уравнения рассчитываются для дискретных температур окружающей среды, в результате чего получается таблица коэффициентов, по которым осуществляется поиск. t_{final} — это управляющий входной параметр уравнения скорости линейного изменения давления, который определяет мгновенную скорость линейного изменения давления и управляющее давление, которому должна следовать колонка.

Контроль конечного давления рассчитывается отдельно от контроля скорости линейного изменения давления и определяет давление станции, при котором заполнение должно заканчиваться. Контроль конечного давления осуществляется с допущениями холодной заправки, как и в табличном протоколе. Существует два варианта контроля конечного давления: метод MC или таблицы конечного давления.

Первый вариант основан на методе MC, который позволяет вычислить конечную температуру водорода в СХКВ на основе начального давления СХКВ и температуры газа в СХКВ в сочетании с измеренной энтальпией ТРК и остающимся временем заправки. Из-за допущений холодной заправки эта конечная температура является самой низкой ожидаемой температурой. Затем конечная температура используется для расчета целевого давления, которое обеспечивает остановку заполнения при достижении соответствующей плотности заполнения. Метод MC — это модель дискретной теплоемкости, где MC представляет собой объединенную тепловую массу контрольного объема и обозначается в единицах кДж/К. Буквы М и С в названии означают произведение массы и удельной теплоемкости.

Второй вариант контроля конечного давления представляет собой набор справочных таблиц, в которых указаны целевые значения давления при заправке без связи и предельные значения давления при заправке со связью. Эти таблицы поиска функционируют так же, как и таблицы, используемые в табличном протоколе. Однако определение того, какую таблицу конечного давления следует использовать, основано на среднемассовой температуре подачи водорода, которая постоянно обновляется на протяжении всей заправки.

Изготовитель ТРК должен выбрать один из этих двух вариантов контроля конечного давления.

И.2 Контроль скорости изменения давления

Для понимания компьютерной модели, допущений и граничных условий, используемых при выводе окончательных коэффициентов кубического уравнения, следует обратиться к А.1—А.3. В настоящем подразделе описы-

вается проведенное моделирование, вывод коэффициентов и то, как коэффициенты используются в протоколе на основе формулы MC для управления скоростью линейного изменения давления.

И.2.1 Моделирование постоянной скорости изменения давления

Коэффициенты кубического уравнения для t_{final} получены из серии моделирований заправки водородом, проводимых при постоянной скорости изменения давления. Скорость линейного изменения давления обычно рассчитывается так, чтобы не допустить перегрева СХКВ в наихудших условиях. Эти наихудшие условия перегрева собраны в наборе допущений горячей заправки. Моделирование выполняется для определения наибольшей скорости линейного изменения давления, которая не приведет к перегреву СХКВ, поэтому используются параметры горячей заправки, начальные и граничные условия. На рисунке И.1 показано моделирование заправки H70 на диаграмме состояний «давление—температура» для температуры окружающей среды примерно 0 °C. Температура СХКВ принимается за температуру горячей заправки –15 °C. При заправке вначале происходит быстрое повышение температуры внутри СХКВ; позже наклон кривой заправки становится более крутым, поскольку повышение давления преобладает над повышением температуры. Моделирование прекращается, когда СХКВ «заполняется» (97 %-ный уровень заряда) или достигает верхнего температурного предела 85 °C. Во время моделирования скорость изменения давления на станции поддерживается постоянной. Процедура вычисления оптимальной скорости линейного изменения давления, которая удовлетворяет условиям как по уровню заряда, так и температурным условиям в конце, является итеративным процессом. Требуется ряд симуляций заправки с различными скоростями изменения давления, чтобы найти оптимальную скорость изменения давления. Третье условие, которому должна удовлетворять оптимальная скорость линейного изменения: пиковая скорость потока, которая может возникнуть в любой момент во время имитации заправки водородом, не должна превышать 60 г/с. Это показано на рисунке И.2. В случае такого превышения, скорость линейного изменения давления должна быть уменьшена, автоматически уменьшая пиковую скорость потока. Таким образом, результирующая скорость линейного изменения давления, как правило, будет удовлетворять только одному из следующих условий:

а) конечная температура водорода достигает 85 °C (обычно это происходит при высоких температурах окружающей среды и небольших СХКВ);

б) пиковая скорость потока достигает 60 г/с (как правило, это происходит при низких температурах окружающей среды и больших СХКВ). Однако окончательный уровень заряда всегда равен 97 %. Целевое значение уровня заряда 97 % является компромиссом для увеличения результирующей скорости линейного изменения давления (и уменьшения времени заправки).

Второй компромисс для обеспечения более высоких скоростей линейного изменения давления заключается в выведении двух наборов коэффициентов: один при начальном давлении в СХКВ 5 МПа, другой при начальном давлении в СХКВ 0,5 МПа. Температура в конце заправки сильно зависит от начального давления водорода; чем выше начальное давление в СХКВ, тем ниже конечная температура в нем. Таким образом, коэффициенты, полученные для начального давления в СХКВ 5 МПа, позволяют больше сократить время заправки, по сравнению с коэффициентами, полученными при начальном давлении СХКВ 0,5 МПа. Использование двух наборов коэффициентов, базирующихся на начальном давлении в СХКВ, обосновано тем, что большинство заправок начинается с начального давления в СХКВ выше 5 МПа. Для небольшой части заправок, инициируемых при начальном давлении в СХКВ ниже 5 МПа, во избежание перегрева используется отдельный набор коэффициентов. Этот подход подобен подходу, используемому для основанного на таблице протокола (см. А.4 приложения А), где вместо использования двух наборов APRR используется целевое давление в сочетании со значительно уменьшенной скоростью изменения давления при доливе. Подход к скорости линейного изменения давления при дозаправке нельзя использовать с протоколом на основе формулы MC, поскольку он основан на известном *APRR*, тогда как *PRR* для протокола на основе формулы MC является переменным. Однако конечный результат одинаков: общее время заправки сокращается для заправок, начатых при давлении в СХКВ ниже 5 МПа.

Моделирование проводилось в условиях горячей заправки на четырех отдельных баллонах для H70 СХКВ: 49,7 л (2 кг), 99,4 л (4 кг), 174,0 л (7 кг) и 248,6 л (10 кг) (см. таблицу А.3 приложения А). Отдельная серия моделирования для класса давления H35 не проводится, поскольку коэффициенты, используемые для H35 и H70, одинаковы. Это делается для учета вероятной ситуации, когда заправка сначала проводится на ТРК H35, а затем сразу же следует завершение заправки на заправочной колонке H70. Каждое моделирование заправки проводится с температурой подачи водорода, начиная с температуры окружающей среды, а затем линейно снижается в течение 30-секундного периода до заданной температуры подачи водорода, которая затем поддерживается постоянной до конца заправки.

Моделирование процесса заправки проводится при температуре окружающей среды, температуре подачи водорода и начальном давлении в СХКВ, указанных в таблице И.1.

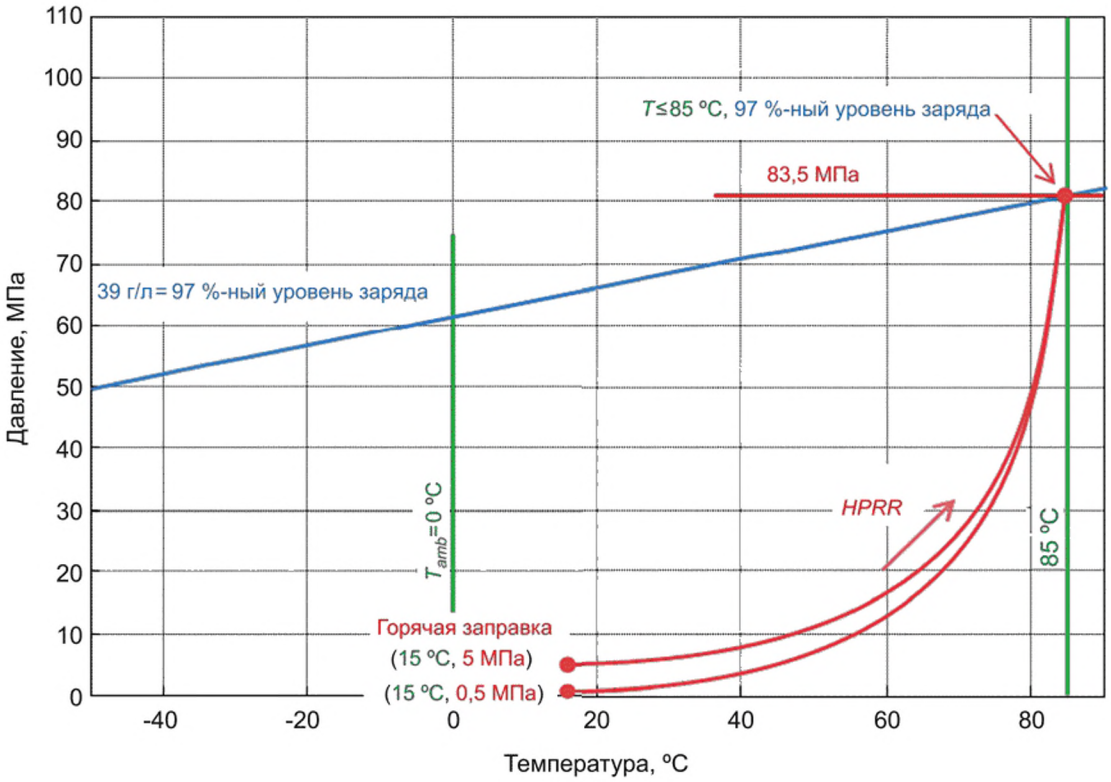


Рисунок И.1 — Этап 1 — моделирование скорости линейного изменения давления

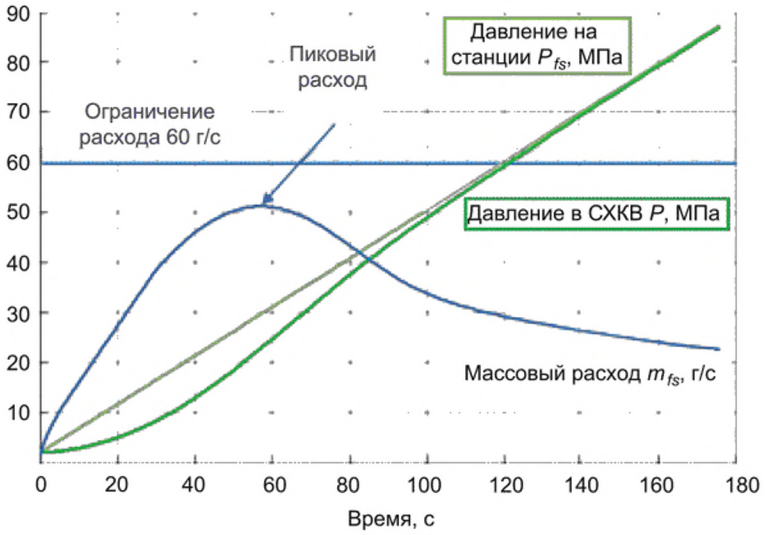


Рисунок И.2 — Типичное изменение давления и массового расхода

Таблица И.1 — Условия, принятые для моделирования процесса заправки

T_{amb}, °C (K)	Температура подачи водорода					
	–40 °C	–35 °C	–30 °C	–25 °C	–20 °C	–15 °C
	$P_{initial}$ (МПа)	$P_{initial}$ (МПа)	$P_{initial}$ (МПа)	$P_{initial}$ (МПа)	$P_{initial}$ (МПа)	$P_{initial}$ (МПа)
50 (323,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
45 (318,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)

Окончание таблицы И.1

T_{amb}, °C (K)	Температура подачи водорода					
	–40 °C	–35 °C	–30 °C	–25 °C	–20 °C	–15 °C
	$P_{initial}$ (МПа)	$P_{initial}$ (МПа)	$P_{initial}$ (МПа)	$P_{initial}$ (МПа)	$P_{initial}$ (МПа)	$P_{initial}$ (МПа)
40 (313,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
35 (308,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
30 (303,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
25 (298,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
20 (293,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
15 (288,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
10 (283,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
5 (278,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
0 (273,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
–10 (263,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
–20 (253,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
–30 (243,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)
–40 (233,15)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)	(0,5; 5)

Результатом проведения моделирования во всех условиях, перечисленных в таблице И.1, было время заправки t_{final}, определяемое как время, необходимое для заполнения СХКВ от начального давления СХКВ $P_{initial}$ до давления P_{final} 83,5 МПа, а также средняя массовая температура подачи топлива за этот период времени, далее *MAT* [см. уравнение (И.1), где *j* представляет временной шаг в 1 с]. Для каждой температуры окружающей среды и начального давления СХКВ строится зависимость t_{final} от *MAT*, а затем, для получения набора коэффициентов кубического уравнения t_{final}, *a, b, c* и *d* [см. уравнение (И.2)], используют метод наилучшего приближения. Этот метод показан на рисунке И.3. Те модели, в которых скорость линейного изменения давления была ограничена ограничением максимальной скорости потока, не превышающей 60 г/с, не использовались в регрессионной аппроксимации.

$$MAT = \frac{\sum_{0}^{J}\left[\left(m_{(j)} - m_{(j-1)}\right)\cdot 0{,}5\left(T_{fuel(j)} - T_{(fuel-1)}\right)\right]}{\sum_{0}^{j}\left(m_j - m_{(j-1)}\right)}, \qquad (И.1)$$

$$t_{final} = a \cdot MAT^3 + b \cdot MAT^2 + c \cdot MAT + d. \qquad (И.2)$$

Статистическую точность регрессионной аппроксимации можно определить с помощью коэффициента детерминации, обозначаемого как R^2. За исключением температуры окружающей среды 45 °C и выше, R^2 во всех случаях превышает 0,9999. Для температуры окружающего воздуха 45 °C и выше, когда время заправки может экспоненциально увеличиваться при более высоких температурах подачи водорода, используется ручной расчет для создания наилучшей регрессионной аппроксимации, а также обеспечения того, чтобы все *t* значения были консервативными, т. е. равными или больше, чем полученные в результате моделирования значения t_{final} при всех температурах подачи водорода.

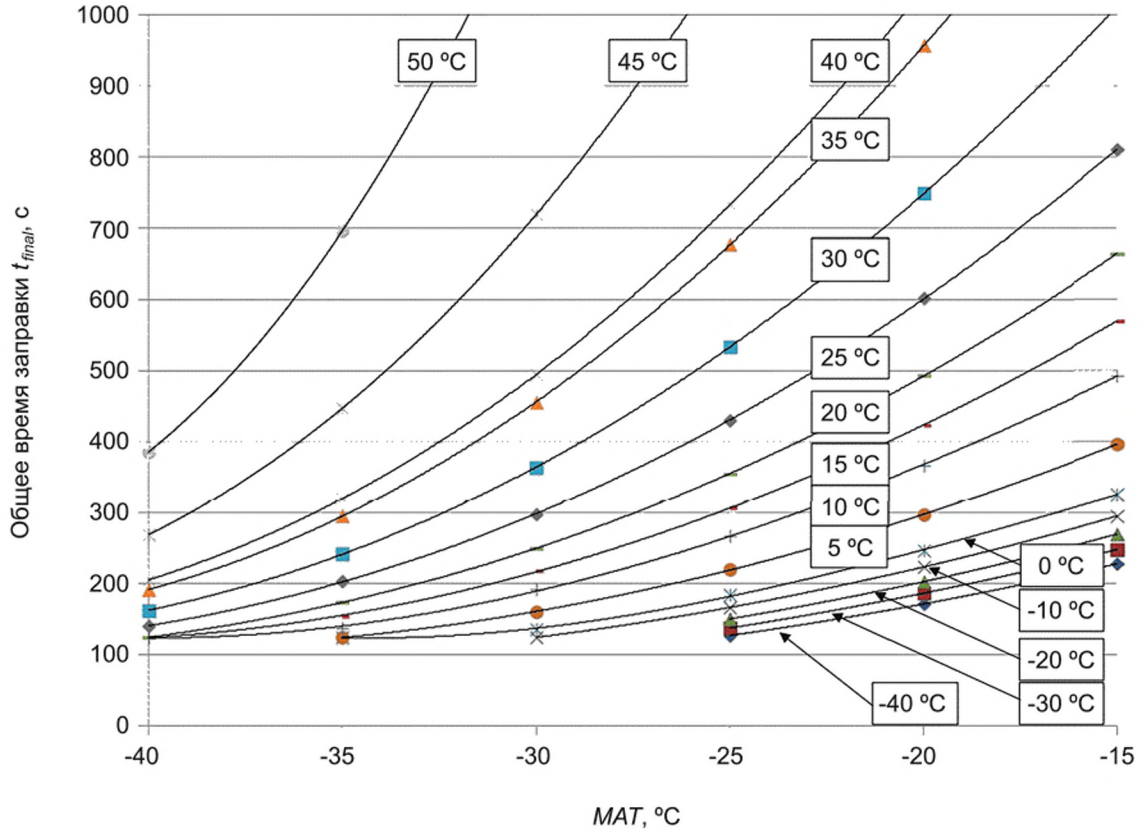


Рисунок И.3 — Регрессионная аппроксимация t_{final} к MAT

И.2.2 Расчет t_{final}

Расчет t_{final} как функции *MAT* и коэффициентов *a, b, c,* и *d*, при определенной температуре окружающей среды и для определенного баллона СХКВ, производится по уравнению И.2. Набор коэффициентов *a, b, c,* и *d* рассчитывают для каждой температуры окружающей среды, при которой проводилось моделирование, и для определенного объема баллонов СХКВ (49,7 л, 99,4 л, 174,0 л и 248,6 л), а также для минимального начального давления P_{min} = = 0,5 МПа и P_{min} = 5 МПа. Результатом этих расчетов является восемь наборов коэффициентов (четыре для каждого объема баллонов СХКВ и по два для каждого значения P_{min}). Эти наборы коэффициентов в представлены таблицах с Л.1 по Л.8 для предварительно нагретой ТРК и в таблицах Л.9—Л.16 для предварительно охлажденной ТРК.

Как только определено начальное давление, после первого импульса, можно определить P_{min}. Таким образом, необходимо рассчитать четыре набора коэффициентов (*a, b, c, d*) для каждого сосуда СХКВ. Коэффициенты интерполированы между температурами окружающей среды, перечисленными в таблицах Л.1—Л.16, как показано в уравнении И.3, например, для баллона СХКВ объемом 49,7 л. Это делается для каждого баллона СХКВ: 49,7 л, 99,4 л, 174,0 л и 248,6 л.

Интерполяция для СХКВ объемом 49,7 л:

$$a_{49,7} = a\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[a\left(T_{amb_belove}\right) - a\left(T_{amb_below}\right)\right]\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$b_{49,7} = b\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[b\left(T_{amb_belove}\right) - b\left(T_{amb_below}\right)\right]\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]}, \qquad (И.3)$$

$$c_{49,7} = c\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[c\left(T_{amb_belove}\right) - c\left(T_{amb_below}\right)\right]\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$d_{49,7} = d\left(T_{amb_above}\right) + \frac{\left[d\left(T_{amb_above}\right) - d\left(T_{amb_below}\right)\right]\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]}.$$

Затем вычисляется t_{final} для каждого баллона СХКВ.

Если категория емкости СХКВ определена, есть два варианта расчета t_{final}. Производитель ТРК может выбрать любой вариант. Когда используется вариант 1, t_{final} выбирается на основе более консервативного t_{final} нижней границы СХКВ и верхней границы СХКВ или минимального значения t_{final_min}, в зависимости от того, что больше. Когда используется вариант 2, t_{final} определяется путем интерполяции между t_{final} верхней и нижней границы СХКВ на основе измеренного объема СХКВ или минимального значения t_{final_min}, в зависимости от того, что больше. Если категория емкости СХКВ не определена, то используется наивысшее конечное значение всех четырех баллонов СХКВ [(см. (Л.2.4) и уравнение (Л.63)].

И.2.3 Переменная скорость изменения давления

В случае, когда значение t_{final} задано заранее и не изменяется во время заполнения, t_{final} является знаменателем уравнения для средней скорости линейного изменения давления (*APRR*), как показано в уравнении И.4. Поскольку t_{final} не изменяется во время наполнения, независимо от начального давления, при заправке всегда будет использоваться *APRR*.

$$APRR = \frac{P_{final} - P_{\min}}{t_{final}}. \qquad (И.4)$$

Рассмотрим случай, когда t_{final} изменяется во время заполнения. Когда t_{final} разрешается изменять во время наполнения, необходимо вывести уравнение для скорости линейного изменения давления (*PRR*), которое гарантирует, что давление в ТРК соответствует траектории скорости изменения, которая достигает P_{final} по прошествии времени t_{final}. Иллюстрация этого показана на рисунках И.4 и И.5. На рисунке И.4 заполнение начинается с начальной точки, а рассчитанное значение t_{final} показано черным цветом. По мере заполнения, в точках P_{ramp} и t, t_{final} изменяется на более высокое значение, показанное синим цветом, что приводит к уменьшению скорости изменения давления, так что оно достигает P_{final} по истечении времени нового t_{final}. На рисунке И.5 заполнение начинается с начальной точки, а рассчитанное значение t_{final} показано черным цветом. По мере заполнения, в точках P_{ramp} и t, t_{final} изменяется на более низкое значение, показанное синим цветом, вызывая увеличение скорости изменения давления, так что оно достигает P_{final} по истечении времени нового t_{final}.

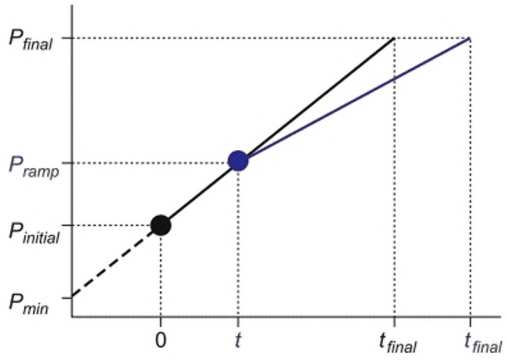


Рисунок И.4 — Влияние увеличения t_{final} на траекторию изменения давления

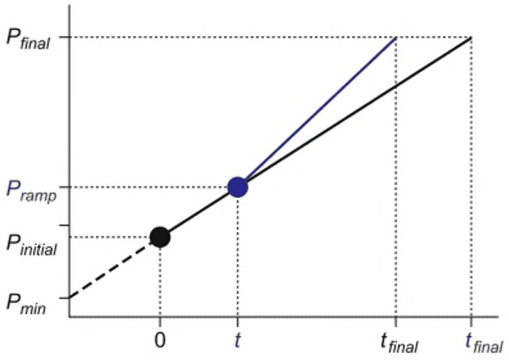


Рисунок И.5 — Влияние уменьшения t_{final} на траекторию изменения давления

В целях упрощения изменение *PRR* показано только один раз на рисунках И.4 и И.5, но этот же подход используется всякий раз, когда изменяется t_{final}. Уравнением, которое определяет *PRR* с изменяющимся t_{final}, является уравнение (И.5). В формуле (И.5) P_{ramp} отражает линейное давление за прошедшее время t во время заполнения.

$$PRR = \frac{P_{final} - P_{ramp}}{t_{final} \cdot \left(\frac{P_{final} - P_{initial}}{P_{final} - P_{\min}} \right) - t}. \qquad (И.5)$$

Уравнение, которое определяет линейное давление P_{ramp} как функцию *PRR*, является уравнение (И.6), где j — шаг времени в 1 с.

$$P_{ramp\ j+1} = P_{ramp} + PRR. \qquad (И.6)$$

И.2.4 Среднемассовая температура подачи водорода

Уравнение (И.2) выражает t_{final} как функцию среднемассовой температуры подачи водорода *MAT* [уравнение (И.1)]. Взаимосвязь между t_{final} и *MAT* основана на *MAT* в P_{final} или конце заполнения. В начале заполнения *MAT* может быть значительно теплее, чем в конце заполнения, особенно если ТРК изначально теплый. Если бы

MAT непосредственно использовалась в уравнении для t_{final}, t_{final} был бы очень большим в начале заполнения и постепенно уменьшался бы по мере снижения температуры подачи водорода и снижения температуры *MAT*. Это создаст *PRR*, который будет недостаточным в начале заполнения и избыточным в конце заполнения. Это нежелательно по ряду причин. Небольшой *PRR* в начале заполнения, когда ТРК теплая, приводит к тому, что период охлаждения становится значительно дольше, чем это было бы в противном случае, из-за небольшого массового расхода. Кроме того, большие изменения в *PRR* увеличивают энтальпию, которая, если ее не компенсировать, может вызвать перегрев, а если ее учесть, то общее время заправки увеличится. И, наконец, для *PRR* должен быть установлен предел или ограничение, чтобы ограничить максимальный расход, поэтому, если *PRR* мал в начале заполнения, *PRR* не может полностью компенсировать его позже при заполнении из-за этого ограничения, что снова приводит к увеличению общего времени заправки больше, чем должно быть.

Чтобы свести к минимуму вышеупомянутые негативные эффекты, *PRR* должен быть как можно более постоянным, что, в свою очередь, требует, чтобы t_{final} и, следовательно, *MAT* были как можно более постоянными. Выбранный подход разбивает заполнение на области и устанавливает набор правил для ввода *MAT*, используемых в уравнении для t_{final}. Разделение заполнения на области с 1 по 3 показано на рисунке И.6.

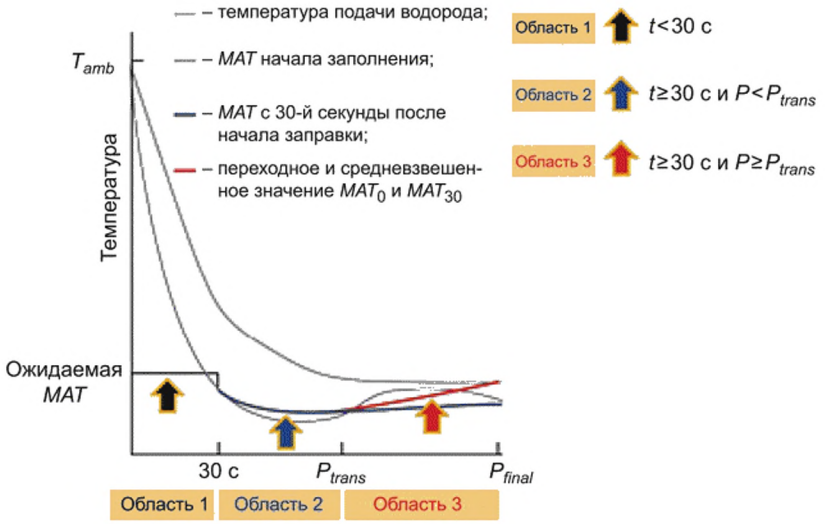


Рисунок И.6 — Разделение заправки на области, где применяются особые правила для *MAT*

Вместо использования *MAT* непосредственно в уравнении для t_{final} используется буферная переменная для *MAT* с именем MAT_C (C означает управляющий ввод (control input)). MAT_C определяется областью заправки и ее набором правил, как показано на рисунке И.6.

И.2.4.1 Правило 1

Первая область, где применяется правило 1, определяется временем заправки *t* менее 30 с. Когда заполнение находится в этой области, ожидаемая *MAT* (символ $MAT_{expected}$) используется для MAT_C. Ожидаемая *MAT* определяется как ожидаемое значение MAT_0 в конце заполнения. Неважно, если это значение будет неточным, так как его цель — служить буфером для переменной *MAT* во время фазы охлаждения заполнения.

Приемлемый диапазон для ожидаемого значения *MAT* составляет 237,15 K ≤ $MAT_{expected}$ ≤ 255,65 K. Верхнее значение 255,65 K связано с тем, что оно соответствует верхней границе станции Т20, что является самым высоким разрешенным значение *MAT*. Более низкое значение 237,15 K связано с моделированием заправки в наихудшем случае с другими ожидаемыми значениями *MAT*, когда температура подачи водорода достигла только 255,65 K при *t* = 30 с. В этом наихудшем сценарии не наблюдалось перегрева при температуре *MAT*, ожидаемой до 255,65 K. Могут быть ситуации, когда ТРК использует $MAT_{expected}$, который холоднее ожидаемого значения. Например, при высоких температурах окружающего воздуха для достижения температуры подачи водорода не менее 255,65 K в течение 30 с может потребоваться, чтобы ТРК ввела ожидаемую *MAT*, которая значительно холоднее, чем ожидаемая *MAT* в конце заполнения. Пока $MAT_{expected}$ ≥ 237,15 K и $MAT_{expected}$ ≤ 255,65 K, можно использовать любое значение.

И.2.4.2 Правило 2

По истечении в общей сложности 30 с массового расхода температура подачи водорода должна быть близка к заданной температуре и оставаться относительно стабильной до конца заполнения. Таким образом, вторая область, где применяется правило 2, определяется временем заправки *t*, превышающим или равным 30 с, и контрольным давлением (обозначается как $P_{control}$) меньшим, чем переходное давление (обозначается как P_{trans}). P_{trans} определяется как средняя точка между начальным давлением 10 МПа, поскольку P_{final} всегда равно 83,5 МПа,

P_{trans} будет равно 46,75 МПа. В этой области, где применимо правило 2, для MAT_C используется среднемассовая температура подачи водорода после первых 30 с массового расхода (обозначение MAT_{30}). Уравнение для MAT_{30} показано в уравнении (И.7), где j представляет временной шаг в 1 с. В иллюстративных целях в уравнении (И.7) для MAT_{30} предполагается, что в течение первых 30 с заполнения не происходит никаких периодов остановки заправки, таких как проверка на утечку или переключение банков. В фактическом расчете MAT_{30} в Л.2.3.1 используется счетчик с именем n, который увеличивается с той же частотой временного шага, что и временной шаг j (т. е. каждую 1 с), но только при наличии массового расхода. Если в течение первых 30 с заправки происходит предполагаемое событие отсутствия заправки, то моментом, в котором начинается расчет MAT_{30}, будет момент, когда счетчик n достигнет 30, что произойдет при значении aj и времени заправки t, выше 30.

$$MAT_{30} = \frac{\sum_{30}^{j}\left[\left(m_j - m_{j-1}\right)\cdot 0{,}5\left(T_{fuel_inst(j)} + T_{fuel_inst(j-1)}\right)\right]}{\sum_{30}^{j}\left(m_j - m_{(j-1)}\right)}. \quad (И.7)$$

И.2.4.3 Правило 3

Как только управляющее давление $P_{control}$ превысит переходное давление P_{trans}, важно, чтобы управляющий вход MAT_C постепенно переходил на MAT_C к концу заполнения, так как это значение, на котором основывается t_{final}. Таким образом, третья область, в которой применяется правило 3, определяется временем заправки t, превышающим или равным 30 с (при условии, что в течение первых 30 с для наглядности не предполагается никаких периодов остановки заправки), и управляющим давлением $P_{control}$, равным больше или равно переходному давлению P_{trans}. Этот переход к MAT_0 реализуется с использованием средневзвешенного значения MAT_{30} и MAT_0, где весовой коэффициент является функцией управляющего давления $P_{control}$. Уравнение для этого средневзвешенного значения представлено ниже.

Если $$P_{control} < P_{final}, MAT_c = MAT_{30}\cdot\left(\frac{P_{final}P_{control}}{P_{final} - P_{trans}}\right) + MAT_0\cdot\left(1 - \frac{P_{final} - P_{control}}{P_{final} - P_{trans}}\right), \quad (И.8)$$

$$MAT_C = MAT_0.$$

И.2.5 Ограничения скорости изменения давления

И.2.5.1 Минимальный предел для t_{final}

При выводе коэффициентов для окончательного уравнения некоторые модели заправки водородом были ограничены ограничением не превышения пикового расхода 60 г/с. Как отмечено в И.2.1, эти модели не использовались в регрессионной аппроксимации. Следовательно, нельзя полагаться на окончательное уравнение для ограничения скорости линейного изменения давления таким образом, чтобы пиковая скорость потока не превышала 60 г/с. Необходимо применить дополнительное ограничение на t_{final}. Используемый подход заключается в установлении минимального конечного значения для каждой категории объема СХКВ. Параметр с пометкой t_{final_min} используется для этой цели. t_{final_min} определяется таким образом, чтобы пиковая скорость потока не превышала 60 г/с для наибольшего объема СХКВ в данной категории объема СХКВ. t_{final_min} также гарантирует, что максимальная скорость изменения давления, определяемая как скорость изменения давления в горячем состоянии (*HPRR*; см. А.3.5), одинакова как для протокола на основе таблицы, так и для протокола на основе формулы МС. Для P_{min}, равного 0,5 МПа и 5 МПа, используется отдельный набор коэффициентов t_{final}, t_{final_min}. Значения t_{final_min} вместе с соответствующим максимальным *HPRR* для каждой категории объема СХКВ и P_{min} показаны в таблице И.2.

Таблица И.2 — t_{final_min} в зависимости от категории объема СХКВ и P_{min}

Категория емкости СХКВ	*HPRR*, не более, МПа/мин	t_{final_min}, с	
		P_{min} = 0,5 МПа	P_{min} = 5 МПа
A (49,7—99,4 л)	32,1	155	147
B (99,4—174,0 л)	32,1	155	147
C (174,0—248,6 л)	22,4	155	210

И.2.5.2 Максимальный предел *PRR*

Минимальное ограничение на t_{final} гарантирует, что общее время заправки и максимальный *HPRR* ограничены с достаточным запасом, чтобы не превысить пиковый расход 60 г/с при постоянной скорости линейного изме-

нения давления. Однако, поскольку в протоколе, основанном на формуле MC, используется подход с переменной скоростью линейного изменения давления, также необходимо установить ограничение или ограничение на мгновенную скорость линейного изменения давления *PRR*, чтобы дополнительно гарантировать, что пиковая скорость потока не будет превышена. Предел, используемый для мгновенного *PRR*, составляет 110 % от максимального *HPRR*. Поскольку некоторые станции могут быть не в состоянии поддерживать такое высокое изменение давления, предел скорости изменения давления определяется как диапазон значений от 90 % максимального *HPRR* до 110 % максимального *HPRR*, представленный коэффициентом PRR_{CAP_Factor}. Соответствующее значение PRR_{CAP_Factor} выбирается производителем станции. Уравнение, определяющее этот диапазон ограничения скорости линейного изменения давления, представляет собой уравнение (*И*.9).

$$0{,}9 \le PRR_{CAP_Factor} \le 1{,}1,$$

$$PRR_{CAP} = PRR_{CAP_Factor} \cdot \frac{P_{final} - P_{min}}{t_{final_min}}. \qquad (И.9)$$

И.2.6 Учет отклонений от идеальных условий

Можно рассчитать скорость линейного изменения давления и линейное давление в зависимости от температуры подачи водорода и истекшего времени заправки. Однако при применении этого подхода к фактической заправке водородом необходимо учитывать ряд факторов. Эти факторы приведены ниже.

И.2.6.1 Увеличение энтальпии из-за изменения *PRR*

Вывод окончательного уравнения основан на моделировании заправки водородом при постоянной скорости изменения давления. Поскольку протокол на основе формулы MC позволяет изменять *PRR*, необходимо учитывать влияние этого изменения *PRR* на конечную температуру водорода. При моделировании заправки водородом при постоянной скорости изменения давления и заданном *MAT* требуемое время заправки t_{final} основано на среднемассовом распределении энтальпии. Если *PRR* во время заполнения отклоняется от постоянной скорости линейного изменения давления, среднемассовая энтальпия выдачи будет другой. Как правило, среднемассовая энтальпия будет выше для заполнения с переменной скоростью нарастания давления по сравнению с постоянной скоростью нарастания давления, независимо от того, меньше ли *PRR* в начале заполнения и выше в конце, или наоборот. Этот эффект показан на рисунке *И*.7.

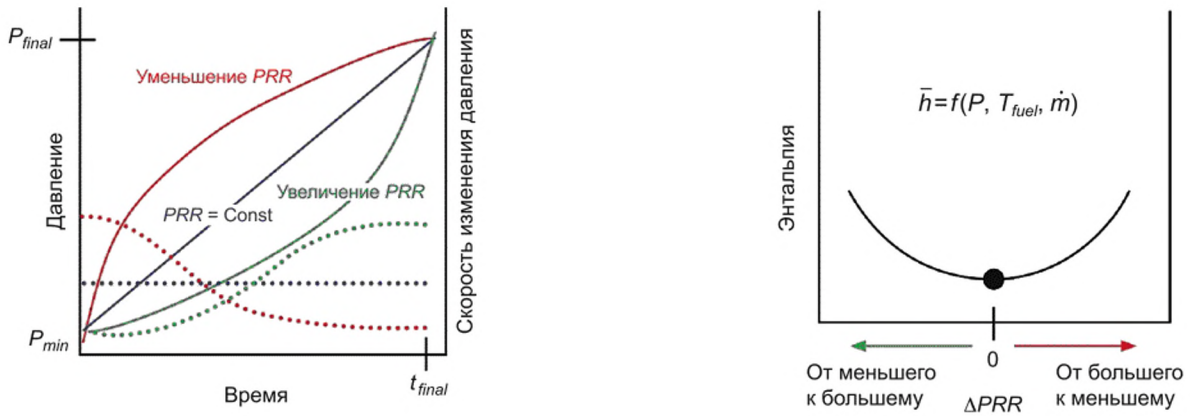


Рисунок И.7 — Иллюстрация влияния на среднемассовую энтальпию переменной скорости линейного изменения давления

На конечную температуру водорода также влияют и другие явления, такие как скорость теплопередачи между водородом и лейнера СХКВ. В некоторых случаях, например, когда скорость линейного изменения давления начинается с высокой, а затем снижается, увеличение энтальпии может быть компенсировано, по крайней мере частично, более высокой скоростью теплопередачи из-за более высокой температуры водорода в начале заполнения. Однако эти эффекты и взаимосвязь между ними довольно сложны, и, хотя они учитываются в имитационной модели заправки, их трудно теоретически тщательно учесть в самом протоколе заправки. Таким образом, практический эмпирический подход был использован для учета потенциального увеличения энтальпии из-за переменного *PRR*.

Эмпирический подход был разработан путем изучения влияния переменной *PRR* на конечную температуру водорода при моделировании заправки. Большие изменения *PRR* вызвали большие изменения энтальпии и, следовательно, более высокие конечные температуры водорода. Чтобы компенсировать более высокую конечную температуру водорода, необходимо увеличить время заправки. Таким образом, был выбран подход, который

увеличивает время заправки водородом на коэффициент, зависящий от изменения *PRR*. Коэффициент, который используется для увеличения времени заправки, равен α, что показано в уравнении (И.10), где *j* представляет временной шаг в 1 с, а *PRR*, RR_{min} и RR_{max} выражены в единицах МПа/с.

Если $j = 0$, $\alpha = 1$,

и, если $j > 0$,

Если $PRR < RR_{min}$, $RR_{min} = PRR$,

если $PRR < RR_{max}$, $RR_{max} = PRR$.

Если $\dot{m} = 0$ для более чем 5 с, $RR_{min} = 0$

$$\alpha = \left[\frac{100 + 18{,}5\left(RR_{max} - RR_{min}\right)}{100}\right], \qquad (И.10)$$

$$t_{final} = \alpha \cdot [\alpha \cdot MAT^3 + b \cdot MAT^2 + c \cdot MAT + d].$$

Чтобы проверить эффективность этого подхода, было проведено несколько симуляций заправки водородом, в которых параметры, влияющие на *PRR*, допускали отклонение от нормы. Например, тестировались периоды охлаждения температуры подачи водорода от 0 до 60 с, тестировалось несоответствие ожидаемого *MAT* фактическому *MAT*, тестировались как более теплые, так и более низкие температуры, чем фактические, большие колебания температуры подачи водорода с использованием синусоидальной функции была протестирована амплитуда ±5 °С, и, наконец, была протестирована комбинация всех этих изменений параметров вместе. Результат последнего моделирования, в котором все эти параметры варьировались вместе, показан на рисунке И.8. α продлил время заполнения примерно на 6 %, сохранив при этом пиковую температуру водорода ниже 85.

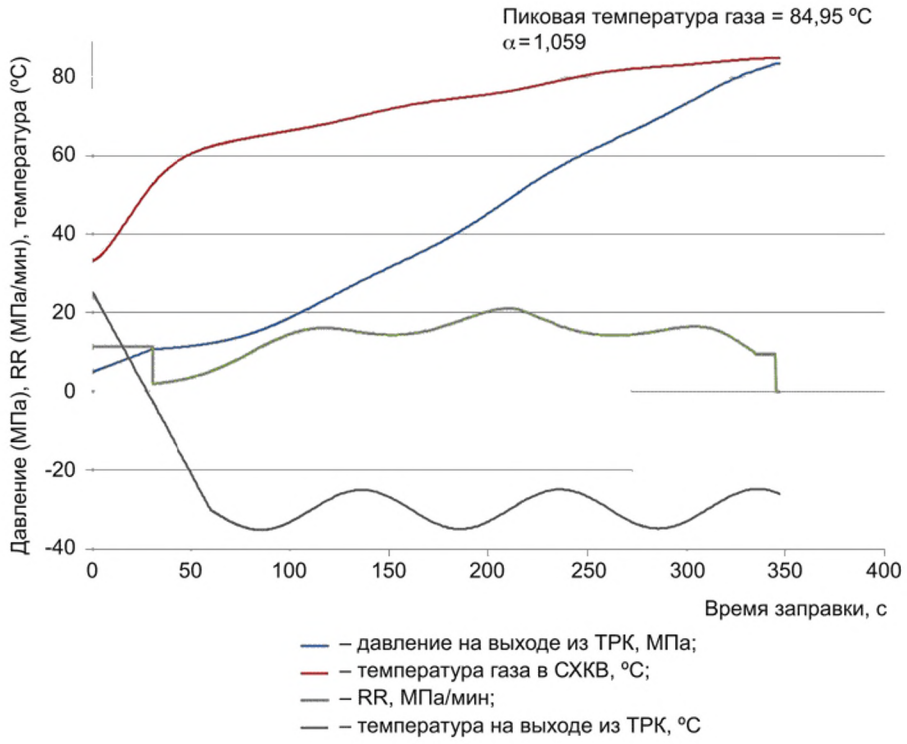


Рисунок И.8 — Моделирование заправки водородом, при котором эффективность α была проверена на основе изменений нескольких параметров

Другая функция α заключается в том, чтобы облегчить включение пауз в заправку из-за проверок на утечку или расширенных переключений ряда (т. е. запланированных событий времени без заправки) в качестве времени заправки. Основанием для учета этих пауз в качестве времени заправки является то, что теплообмен между водородом и лейнером СХКВ продолжается во время этих пауз в массовом расходе. Во время любой паузы в массовом расходе, превышающей временной шаг управления в 1 с, линейное давление P_{ramp} поддерживается постоянной. Короткие паузы в потоке очень мало влияют на энтальпию, и небольшое изменение *PRR*, вызываемое этими паузами, будет учитываться уравнением α. Однако для более длинных пауз, т. е. пауз продолжительностью 5 с или

более, эффективный *PRR* равен нулю, поскольку P_{ramp} поддерживается постоянным. Это не учитывается в уравнении *PRR*, так как *PRR* фактически увеличивается во время этих пауз. Таким образом, если массовый расход равен нулю в течение более 5 с, RR_{min} устанавливается равным нулю в уравнении α, как показано в уравнении (И.10).

Чтобы проверить эффективность уравнения α при учете пауз в заполнении продолжительностью более 5 с, была проведена та же симуляция заправки, как показано на рисунке И.8, с паузами 22, 43 и 58 МПа для продолжительности 15, 20 и 25 с соответственно (всего 60 с). Потому что RR_{min} был установлен равным нулю, α увеличился с 1,059 в случае без пауз до 1,089 в случае с паузами, в результате чего общее время заправки увеличилось на 17 с. Этого было достаточно для учета увеличения среднемассовой энтальпии примерно на 11 кДж/кг, что привело к пиковой температуре водорода менее 85 °С, как показано на рисунке И.9.

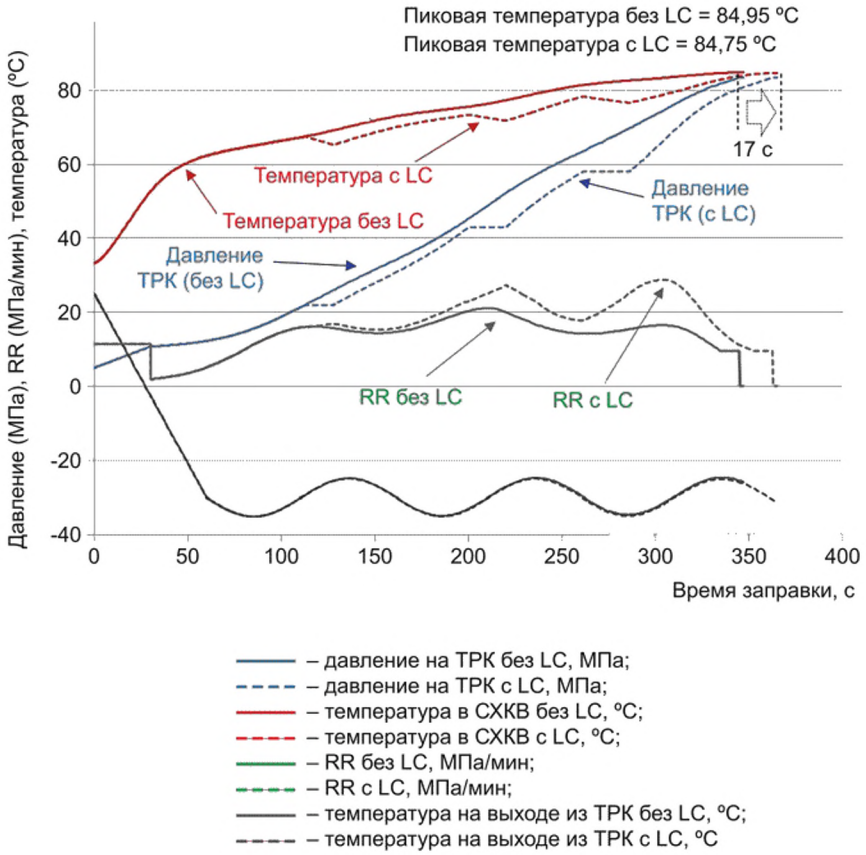


Рисунок И.9 — Моделирование заправки водородом, при котором эффективность α была проверена с тремя паузами в массовом расходе

И.2.6.2 Отклонения давления на станции

Протокол на основе формулы МС рассчитывает линейное давление, которому в идеале должна следовать ТРК. Это линейное давление P_{ramp} рассчитывается на основе идеального управления раздаточной колонкой. В реальных условиях станция не может контролировать давление станции $P_{station}$ так, чтобы оно идеально соответствовало линейному давлению P_{ramp}. Отклонения между $P_{station}$ и P_{ramp} должны быть ограничены и учтены. В следующих двух подразделах объясняется подход, используемый для учета колебаний давления на станции.

И.2.6.2.1 Допуски по давлению на станции

Для учета отклонений станционного давления $P_{station}$ при заправке вокруг линейного давления P_{ramp} строится коридор давления. Этот коридор определяет верхнее предельное давление и нижнее предельное давление. Ширина коридора составляет 9,5 МПа, такая же, как и для табличного протокола, как определено в 7.3.2 и А.3.5. Для определения верхнего и нижнего пределов давления в коридоре используется допуск выше и ниже линейного давления. Верхний допуск составляет 7,0 МПа, а нижний допуск — 2,5 МПа, такой же, как и для табличного протокола. Это выражается математически в уравнении (И.11).

$$P_{limit_high} = P_{ramp} + \Delta P_{tol_high}, \text{ где } \Delta P_{tol_high} = 7 \text{ МПа}, \quad (И.11)$$

$$P_{limit_high} = P_{ramp} + \Delta P_{tol_high}, \text{ где } \Delta P_{tol_high} = 2{,}5 \text{ МПа}.$$

Создавая допуск выше линейного давления, необходимо увеличить время заправки t_{final} таким образом, чтобы давление на станции $P_{station}$ не могло достичь P_{final} до того, как будет достигнуто t_{final}. Это показано на рисунке И.10. На рисунке И.10 предполагается, что повышение давления на станции начинается в момент времени t_{tol_low} (т. е. отложенный старт), а затем продолжается с максимальной скоростью линейного изменения давления HPRR, определяемой достижением давления P_{final} в момент времени $t_{tol_low} + t_{final}$. Чтобы обеспечить постоянный верхний и нижний допуск вокруг линейного давления, t_{final} должен быть увеличен на коэффициент β, вывод которого показан в уравнении (И.12). Расширяя t_{final} таким образом, давление не достигнет P_{final} до достижения t_{final} даже при условии $P_{station} = P_{limit_high}$.

$$\frac{P_{final} - \Delta P_{tol_high} - \Delta P_{tol_low} - P_{\min}}{\left(t_{final} + t_{tol_low}\right) - t_{tol_low}} = \frac{P_{final} - P_{\min}}{\left(t_{final} + t_{tol_low}\right) - t_{tol_low}},$$

$$t'_{final} = t_{final} \cdot \left[\frac{P_{final} - P_{\min}}{P_{final} - \Delta P_{tol_high} - P_{tol_low} - P_{\min}}\right], \qquad (И.12)$$

$$t'_{final} = \beta \cdot t_{final},$$

$$\beta = \frac{P_{final} - P_{\min}}{P_{final} - \Delta P_{tol_high} - P_{tol_low} - P_{\min}},$$

$$t_{final} = \beta \cdot [\alpha \cdot MAT^3 + b \cdot MAT^2 + c \cdot MAT + d].$$

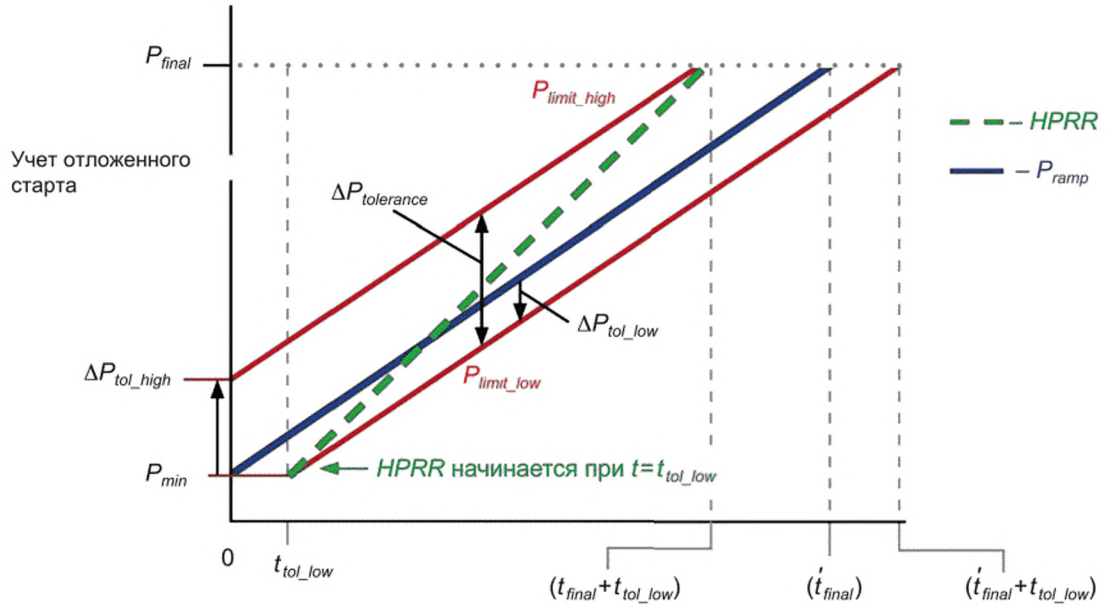


Рисунок И.10 — Иллюстрация построения коридора давления

На рисунке И.10 и в уравнении (И.12) вывод β предполагает, что повышение давления на станции задерживается на время t_{tol_low}. Это наихудшее предположение, которое в большинстве случаев не выполняется. Обычно давление на станции начинает расти с момента времени $t = 0$. Время t_{tol_low} приводит к тому, что коэффициент β становится примерно на 4 % больше, чем он был бы в противном случае, что означает, что общее время заправки будет на 4 % больше, чем должно быть.

Чтобы исключить или уменьшить время t_{tol_low} из общего времени заправки водородом, используется метод измерения того, имеет ли заправка отложенный старт или нет. Это делается для измерения разницы между P_{ramp} и $P_{station}$ в момент времени t_{tol_low}. Если в этот момент $P_{station}$ больше, чем P_{ramp}, то это означает, что повышение давления не было задержано при запуске, и время t_{tol_low} можно исключить из вывода коэффициента β.

Существует два варианта во время t_{tol_low}: $P_{station}$ больше или равно P_{ramp}, или $P_{station}$ ниже P_{ramp}. Эти сценарии показаны на рисунках И.11 и И.12 соответственно. В момент времени $t = t_{tol_low}$ $P_{station}$ сравнивается с P_{ramp} и измеряется параметр ΔP_{low}. Уравнение (И.13) используется для расчета времени t_{tol_low}, которое является функцией скорости изменения давления *PRR*.

$$t_{tol_low} = \frac{\Delta P_{tol_low}}{PRR} = \frac{2,5}{PRR}. \quad (И.13)$$

Параметр ΔP_{low} определяется как разница между P_{ramp} и $P_{station}$, как показано в уравнении (И.14).

$$\text{Когда } t = t_{tol_low},$$
$$\text{если } P_{ramp} - P_{station} > 0,$$
$$\text{тогда } \Delta P_{low} = P_{ramp} - P_{station} \quad (И.14)$$
$$\text{и } \Delta P_{low} = 0.$$

Уравнение для β изменено, чтобы использовать измеренное значение ΔP_{low} вместо ΔP_{tol_low}, как показано в уравнении (И.15).

$$\beta = \frac{P_{final} - P_{min}}{P_{final} - \Delta P_{tol_high} - \Delta P_{low} - P_{min}} \quad (И.15)$$

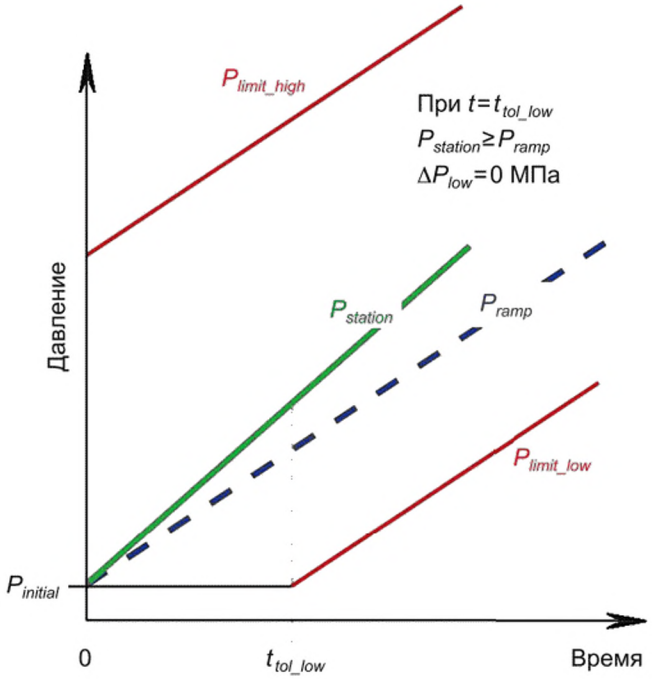


Рисунок И.11 — Иллюстрация незамедлительного начала заправки

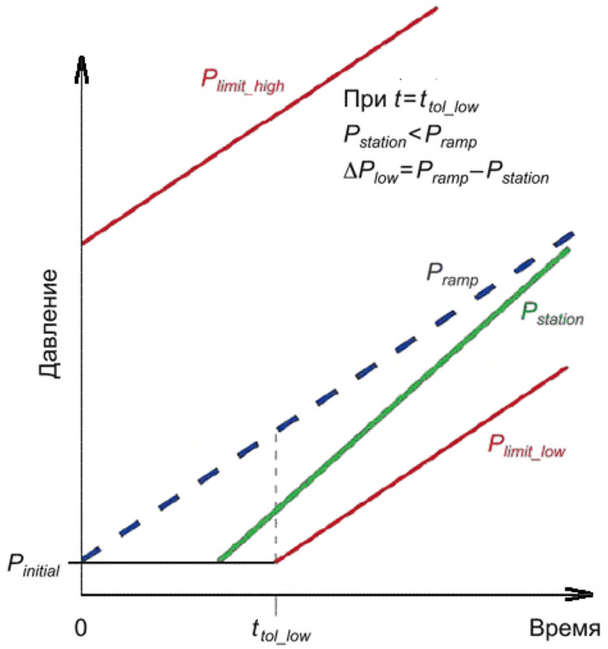


Рисунок И.12 — Иллюстрация отложенного начала заправки

И.2.6.3 Объединение α и β в окончательное уравнение

В И.2.6.1 параметр α был определен и объяснен. α расширяется до t_{final}, чтобы учесть увеличение энтальпии, вызванное изменениями скорости линейного изменения давления. В И.2.6.2 параметр β был определен и объяснен. β расширяет t_{final}, чтобы обеспечить достаточный запас для применения допуска по давлению, чтобы можно было определить коридор давления. Чтобы учесть оба этих случая, t_{final} умножается на коэффициенты α и β соответственно. Таким образом, окончательное выражение для последнего уравнения показано в уравнении (И.16).

$$t_{final} = \alpha \cdot \beta \cdot [\alpha \cdot MAT^3 + b \cdot MAT^2 + c \cdot MAT + d]. \quad (И.16)$$

И.2.7 Контрольное давление

В И.2.3 приведены уравнения для скорости линейного изменения давления *PRR* и линейного давления P_{ramp}. В соответствии с И.2.6.2.1, допуск по давлению ΔP_{tol_high} добавляется к линейному давлению P_{ramp} для формирования верхнего предела давления P_{limit_high}, а допуск по давлению ΔP_{tol_low} вычитается из линейного давления P_{ramp} для формирования нижнего предела давления P_{limit_low}. Вместе P_{limit_high} и P_{limit_low} определяют верхнюю и нижнюю границы коридора давления соответственно.

Хотя линейное давление используется в качестве входных данных для уравнения скорости линейного изменения давления и для определения верхней и нижней границ коридора давления, оно не обязательно используется в качестве управляющего давления дозирующей колонкой. Управляющее давление $P_{control}$ определяется как давление, на которое ТРК ориентируется в любой момент времени. Другими словами, управляющее давление — это управляющий параметр, которому следует колонка при управлении давлением на станции $P_{station}$. Коридор давления определяется как рабочие границы для давления станции, что означает, что любое давление в пределах этого коридора допустимо. Следовательно, при установке управляющего давления ТРК должна определить, какой запас требуется, чтобы не превысить верхний предел давления P_{limit_high}, и какой запас требуется, чтобы не выйти за нижний предел давления P_{limit_low}.

Если риск превышения или недостижения давления одинаков, то середина коридора давления может быть выбрана в качестве контрольного давления. Для обеспечения наилучшей производительности заполнения следует использовать минимальный запас, необходимый для предотвращения превышения верхнего предела давления.

Подход, используемый для определения управляющего давления $P_{control}$, заключается в определении давления смещения ΔP_{offset}, которое добавляется к линейному давлению P_{ramp}, как показано в уравнении (И.17) и как показано на рисунке (И.13).

$$P_{control} = P_{ramp} + \Delta P_{offset}. \quad (И.17)$$

ΔP_{offset} не обязательно должно быть постоянным. Оно может изменяться во время наполнения в зависимости от характеристик управления ТРК. Например, риск превышения верхнего предела давления обычно наиболее высок после паузы в заполнении из-за проверки на утечку или переключения каскадного блока. Чтобы уменьшить этот риск, сохраняя при этом как можно более короткое время заправки, производитель ТРК может установить меньшее значение ΔP_{offset} во время паузы и вскоре после возобновления заполнения, а затем, как только регулирование давления стабилизируется, установить большее значение для ΔP_{offset}, и максимально сократить время заправки.

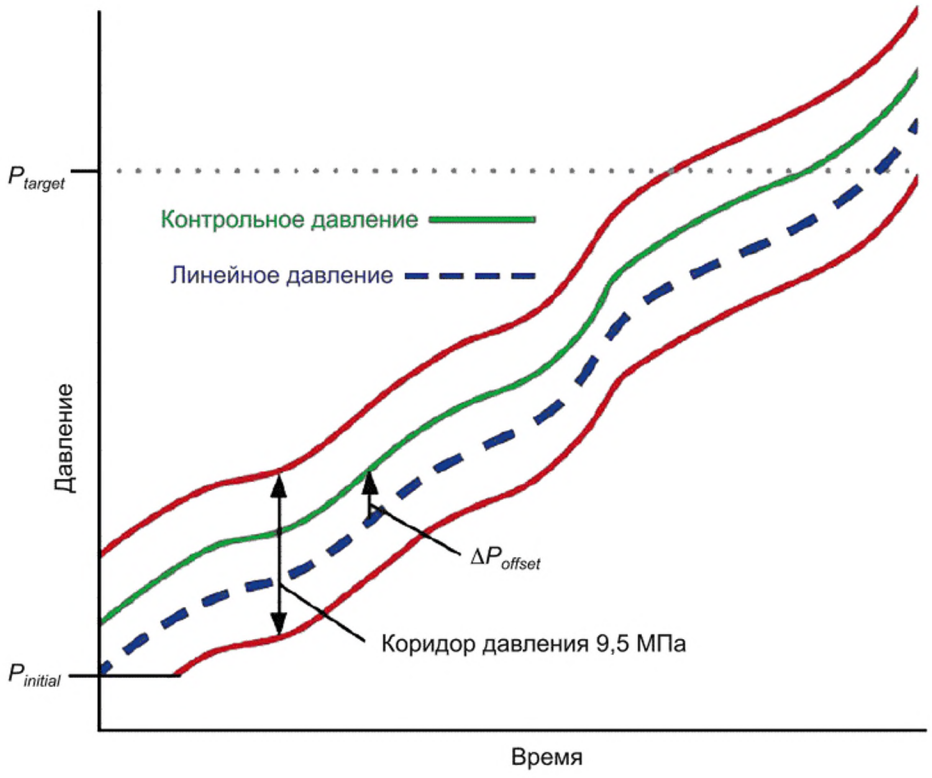


Рисунок И.13 — Изображение управляющего давления как отклонения от линейного давления

И.2.8 Валидация управления скоростью линейного изменения давления по формуле МС

Чтобы продемонстрировать эффективность регулирования скорости нарастания давления по формуле МС и подтвердить, что оно достаточно консервативно для предотвращения перегрева, были проведены моделирование заправки топливом и стендовые испытания при различных граничных условиях наихудшего случая. Для моделиро-

вания заправки в модель заправки, описанную в А.1 приложения А, было запрограммировано управление скоростью линейного изменения давления по формуле МС, чтобы она могла работать так же, как реальная водородная станция, использующая протокол на основе формулы МС. Это позволило проанализировать гораздо больший и более широкий набор условий, чем это можно было бы сделать в условиях лабораторных испытаний или полевых испытаний. Была проведена серия имитаций заправки водородом на горячем СХКВ, где варьировались следующие параметры: температура окружающей среды, температура подачи водорода, флуктуирующая температура подачи водорода, время охлаждения температуры подачи водорода, ожидаемая среднемассовая температура подачи водорода, начальное давление (для проверки обеих карт коэффициентов) и временной шаг для вычислений. Всего было проведено 89 моделирований, все результаты показали температуру водорода ниже предела 85 °С.

Были проведены стендовые испытания репрезентативного резервуара для хранения водорода в максимально приближенных к наихудшим граничным условиям. Сосуд для хранения и условия настройки были идентичны тем, которые использовались для проверки протокола на основе таблицы. Было проведено шесть испытаний с заправкой водородом для проверки на перегрев с условиями заправки, выбранными для охвата самого широкого набора условий, возможных для числа доступных испытаний, и, где это возможно, для согласования условий испытаний с проверочными испытаниями протокола на основе таблицы. Эти испытания успешно продемонстрировали, что максимальные температуры водорода были ниже предела 85 °С.

Полевые испытания на основе формулы МС также проводились как на испытательном сосуде, так и на репрезентативных транспортных средствах на водородных элементах OEM.

И.3 Конечный контроль давления

Протокол на основе формулы МС допускает два варианта определения контроля конечного давления: метод МС или таблицы конечного давления. Производитель ТРК должен выбрать один из этих двух вариантов. Метод МС представляет собой основанный на формуле подход к расчету соответствующих целевых показателей и пределов конечного давления. Таблицы конечного давления содержат справочные значения как средство предоставления соответствующих целей и пределов конечного давления. Метод МС для конечного контроля давления требует значительно меньшего количества сохраненных параметров, чем контроль конечного давления, но имеет более высокую интенсивность вычислений.

Для обоих вариантов контроля конечного давления целевое давление без связи рассчитывается на основе условий холодного случая, что ограничивает максимальный уровень заряда до 100 %. Для заправки через связь целевое давление связи рассчитывается на основе переданной измеренной температуры от транспортного средства в сочетании либо с сообщенным измеренным давлением транспортного средства, либо с давлением, измеренным станцией. Целевое значение уровня заряда для заправки средств связи составляет от 95 % до 100 % уровня заряда, где уровень заряда основан на расчетной плотности водорода в СХКВ. Целевое значение давления заправки со связью используется в качестве основной конечной точки остановки давления. Однако, поскольку существует вероятность того, что передаваемые данные о температуре и/или давлении от транспортного средства могут быть неверными, также используется предел давления. Этот предел давления основан на максимальном уровне заряда 115 % для холодной заправки, который является наихудшим условием. Для таблиц конечного давления предел давления рассчитывается, как описано в А.7 приложения А для моделирования горячего случая, что в некоторых случаях приводит к максимальному уровню заряда СХКВ менее 115 %. На рисунке И.14 показаны целевые показатели давления и предельные значения давления, используемые для заправки водородом без связи и для заправки по связи.

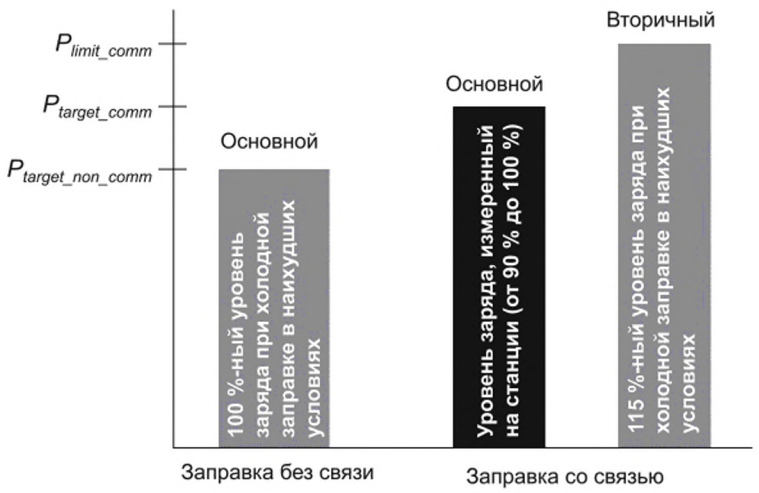


Рисунок И.14 — Иллюстрация целевых значений давления и предельных значений для конечного контроля давления

И.3.1 Метод MC

Метод MC — это аналитический метод, основанный на дискретной модели теплоемкости, в которой используются термодинамические характеристики сосудов хранения компримированного водорода. Характеристика описывается параметром MC, который представляет собой параметр, количественно определяющий способность резервуара для хранения водорода поглощать тепло, выделяемое при заправке водородом, выраженное в кДж/К. MC представляет собой уравнение, которое является функцией начальных условий, условий заправки и времени заправки. Путем расчета MC, а также начального давления и температуры ТГС, а также измерения энтальпии и массового расхода на выходе из ТРК по всему наполнению можно рассчитать конечную температуру заполняющего водорода в резервуаре-накопителе, на основании чего можно рассчитать целевое давление.

И.3.1.1 Теория

Как показано на рисунке И.15, метод MC основан на анализе контрольного объема процесса заправки. Подведенная при заправке энергия определяется как среднемассовая энтальпия водорода, поступающего в контрольный объем

$$\int_{m_1}^{m_2} h_i dm.$$

Как показано в уравнении (И.18), тепло, переданное от водорода, может быть определено как разность конечной внутренней энергии m_2u_2 и начальной внутренней энергии m_1u_1, вычтенной из добавленной энтальпии. Поскольку теплопередача в окружающую среду не учитывается, MC представляет собой способность резервуара для хранения поглощать тепло Q.

$$Q = \int_{m_1}^{m_2} h_i dm - (m_2u_2 - m_1u_1). \qquad (И.18)$$

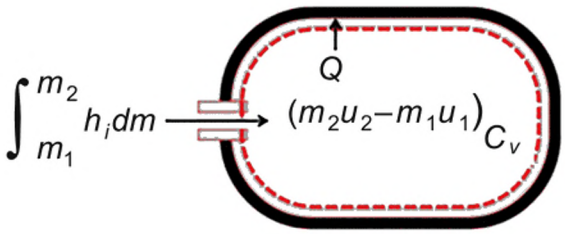


Рисунок И.15 — Иллюстрация контрольного объема, используемого в методе MC (красная пунктирная линия)

Теплопередачу также можно определить как разницу адиабатической внутренней энергии и конечной внутренней энергии, также выраженную через температуру в уравнении (И.19), где m_2 представляет собой массу в резервуаре для хранения в конце заполнения, m_1 представляет собой начальную массу в сосуде для хранения, а C_v представляет собой удельную теплоемкость водорода при постоянном объеме. Иллюстрация этого явления представлена на рисунке И.16.

$$Q = m_2 (u_{adiabatic} - u_2) = m_2 C_v (T_{adiabatic} - T_{final}),$$

где $u_{adiabatic} = \dfrac{m_1u_1 + \int_{m}^{m} h_i dm}{m_2}$. (И.19)

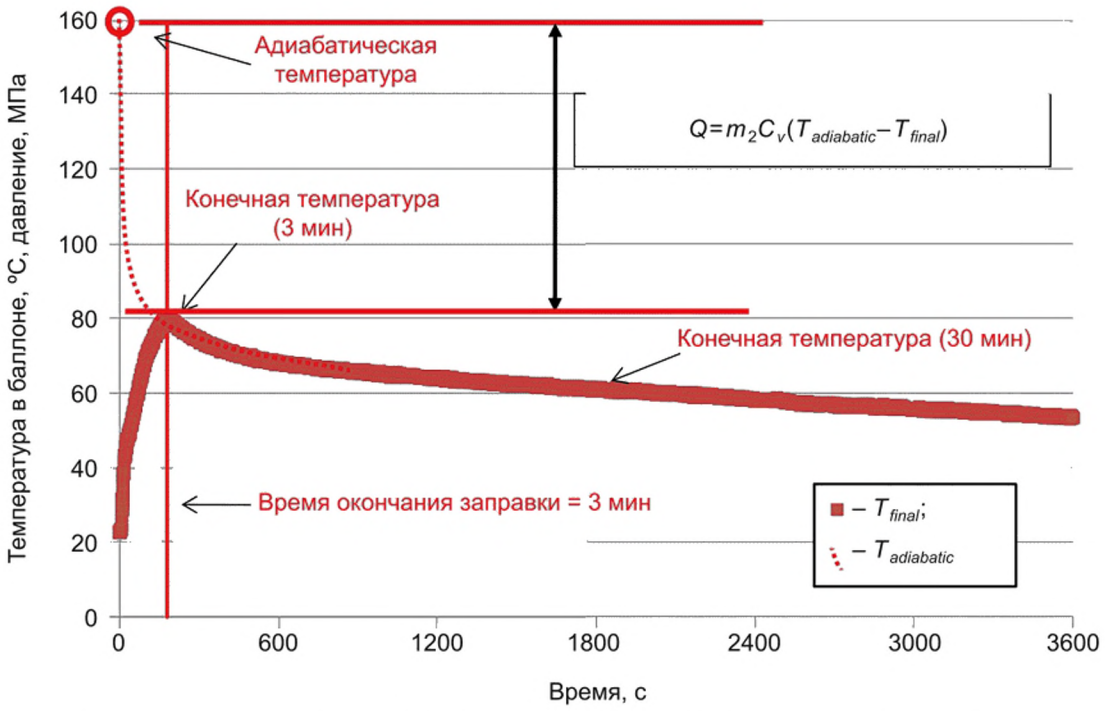


Рисунок И.16 — Иллюстрация количества отведенного тепла Q, определенного с помощью $T_{adiabatic}$ и T_{final}

Если определен «характеристический объем», который представляет собой математическую конструкцию с характеристиками тепловой массы с бесконечным коэффициентом теплопроводности и конвективной теплопередачи, при этом тепловая масса характеризуется как «МС», то теплопередача может быть выражена в терминах начальной и конечной температуры газа, как показано в уравнении (И.20).

$$Q = MC\,(T_{final} - T_{initial}). \qquad (И.20)$$

Уравнения (И.19) и (И.20) можно комбинировать таким образом, что конечная температура водорода T_{final} может быть выражена через начальную температуру водорода, адиабатическую температуру водорода и МС, как показано в уравнении (И.21).

$$m_2C_v\,(T_{adiabatic} - T_{final}) = MC\,(T_{final} - T_{initial}),$$

$$T_{final} = \frac{m_2C_v + MC \cdot T_{initial}}{MC + m_2C_v}. \qquad (И.21)$$

МС не является постоянной величиной, а изменяется в зависимости от времени заправки t, а также от начальных условий. Уравнение, используемое для представления МС, было получено путем анализа испытаний водорода на резервуарах-хранилищах как типа III, так и типа IV. Соотношение, которое лучше всего соответствует данным, представлено в качестве уравнения (И.22), где $U_{adiabatic}$ представляет конец заполнения адиабатической внутренней энергии водорода в резервуаре, $U_{initial}$ представляет начальную внутреннюю энергию водорода в резервуаре для хранения, а Δt представляет время, прошедшее после первых 30 с заполнения. Коэффициенты уравнения МС уникальны для рассматриваемого резервуара-хранилища и могут быть получены либо с помощью серии испытаний на заправку водородом, либо путем моделирования заправки.

$$MC = AC + BC \cdot \ln\sqrt{\frac{U_{adiabatic}}{U_{initial}}} + GC \cdot \left(1 - e^{-KC \cdot \Delta t}\right)^{JC}. \qquad (И.22)$$

И.3.1.2 Получение коэффициентов уравнения МС

Чтобы получить коэффициенты уравнения МС, используемого для конечного контроля давления в протоколе, основанном на формуле МС, была проведена серия симуляций заправки. Модель заправки водородом, описанная в А.1 приложения А, использовалась в сочетании с техническими характеристиками резервуара для хранения в холодном СХКВ на 70 МПа, показанными в таблице А.3 приложения А. Теплопередача от станции и компонентов автомобиля Q_{sf} и Q_{vf} не учитывались, поэтому энтальпия на выходе из ТРК равна энтальпии на входе в контрольный объем накопительной емкости. Набор из двадцати пяти симуляций был запущен в соответствии с условиями, перечисленными в таблице И.3. Эти условия были выбраны таким образом, чтобы обеспечить широкий диапазон значений двух независимых переменных $U_{adiabatic}$ /$U_{initial}$ и Δt в уравнении (И.22).

Таблица И.3 — Условия моделирования заправки водородом на 70 МПа при холодном СХКВ

Номер симуляции	Температура окружающей среды, °С	Температура подачи топлива, °С	Начальное давление, МПа	Температура выдержки СХКВ, °С	Время заправки, с	*APRR*, МПа/мин	Достигнутый уровень заряда, %	Время записи (минут после остановки заправки)
1	0	–40	2	0	35	146,6	100	60
2	20	–40	2	20	90	57,0	100	60
3	40	–40	2	40	180	28,5	100	60
4	0	–40	20	0	35	115,7	100	60
5	20	–40	20	20	90	45,0	100	60
6	40	–40	20	40	180	22,5	100	60
7	0	–40	40	0	35	81,4	100	60
8	20	–40	40	20	90	31,7	100	60
9	40	–40	40	40	180	15,8	100	60
10	0	–40	60	0	35	47,1	100	60
11	20	–40	60	20	90	18,3	100	60
12	40	–40	60	40	180	9,2	100	60
13	0	–22,5	2	0	35	146,6	100	60
14	20	–22,5	2	20	90	57,0	100	60
15	40	–22,5	2	40	180	28,5	100	60
16	0	–22,5	20	0	35	115,7	100	60
17	20	–22,5	20	20	90	45,0	100	60
18	40	–22,5	20	40	180	22,5	100	60
19	0	–22,5	40	0	35	81,4	100	60
20	20	–22,5	40	20	90	31,7	100	60
21	40	–22,5	40	40	180	15,8	100	60
22	0	–22,5	60	0	35	47,1	100	60
23	20	–22,5	60	20	90	18,3	100	60
24	40	–22,5	60	40	180	9,2	100	60
25	15	—	70	15	Обратный ток топлива 0,7 г/с при P = 2 МПа			

На основе результатов моделирования заправки были рассчитаны параметры, перечисленные в таблице И.4, для каждого моделирования. В таблице И.4 представлены выходные данные имитации заправки № 1, показанные в качестве примера.

Таблица И.4 — Пример результатов моделирования заправки № 1 для СХКВ в холодных условиях на 70 МПа

T, с	$U_{adiabatic}/U_{initial}$	МС, кДж/К	Δt, с	ΔМС (30)	T_{final}, K
34	28,84	5,32	4	0,26	327,89
30	26,61	5,05	0	0	326,20
60	28,84	7,37	30	2,34	321,70
120	28,84	10,58	90	5,53	314,39

Окончание таблицы И.4

T, с	$U_{adiabatic}/U_{initial}$	МС, кДж/К	Δt, с	ΔМС (30)	T_{final}, К
180	28,84	12,91	150	7,86	310,32
300	28,84	16,19	270	11,14	305,80
600	28,84	19,84	570	14,79	301,90
1200	28,84	22,42	1170	17,36	299,67
2400	28,84	26,69	2370	21,64	296,64
3600	28,84	31,35	3570	26,29	294,04

Первая строка в таблице И.4 представляет собой условия завершения моделирования. При этом общее время заполнения составляет 34 с, конечная температура водорода T_{final} равна 327,9 К, МС равна 5,32 кДж/К. Симуляции заправки продолжаются после достижения 100 %-ного уровня заряда. Теплопередачу от водорода к стенке резервуара продолжают в течение 60 мин после окончания заполнения. Это позволяет вычислять МС для времени до 3600 с, что необходимо для получения коэффициентов уравнения МС.

С данными, показанными в таблице И.4 для каждого из прогонов моделирования, можно получить коэффициенты уравнения МС, уравнение (И.22). Поскольку МС является функцией $U_{adiabatic}/U_{initial}$ и Δt, необходимо разделить эти два независимых параметра при выводе коэффициентов МС. Первым шагом является использование выходных данных моделирования, где Δt равно нулю, что сокращает первые два члена уравнения МС. Так как Δt определяется как время заправки сверх первых 30 с, Δt равно нулю, когда t равно 30 с. МС строится в зависимости от $U_{adiabatic}/U_{initial}$ для каждой итерации моделирования с 1 по 24, как показано на рисунке И.18, после чего выполняется приближение и расчет коэффициентов АС и ВС.

$$AC \pm BC \cdot \ln\sqrt{\frac{U_{adiabatic}}{U_{initial}}}.$$

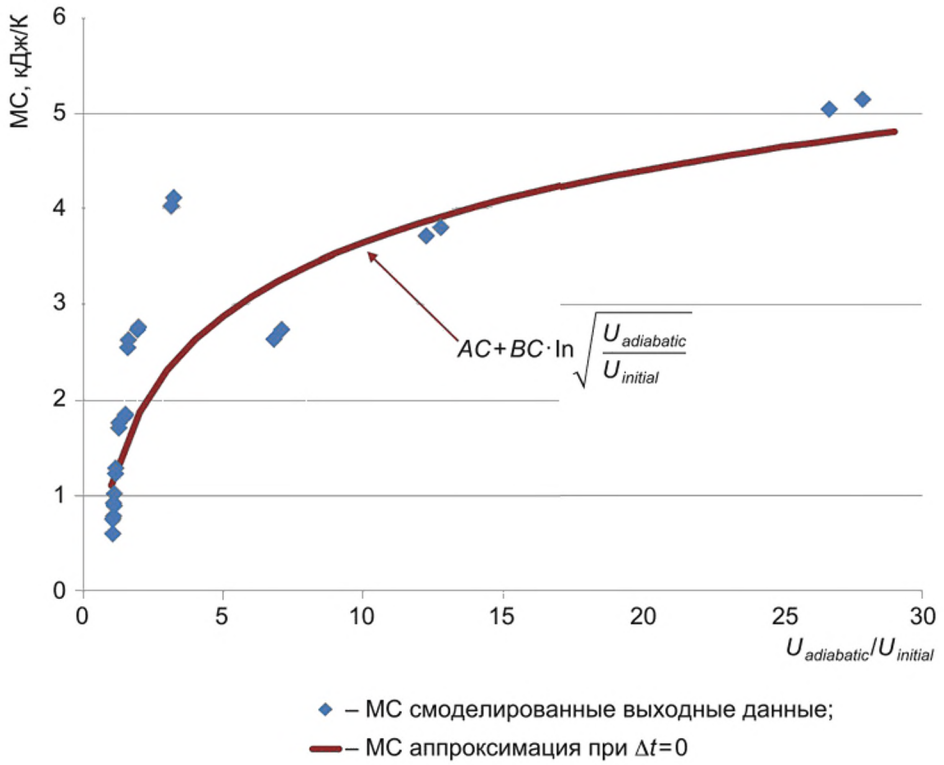


Рисунок И.17 — Аппроксимация МС при $\Delta t = 0$

Второй шаг в выводе коэффициентов уравнения МС заключается в выделении второй части уравнения МС

$$GC \cdot (1 - e^{-KC \cdot \Delta t})^{JC}.$$

Это делается путем вычисления параметра ΔMC, который представляет собой разницу между MC в момент времени t > 30 с и MC в момент времени t = 30 с и построение этого графика в зависимости от времени в момент t > 30 с и времени в момент t = 30 с, или Δt. Таким образом, ΔMC отображается в зависимости от Δt, и наилучшее соответствие рассчитывается с использованием уравнения $GC \cdot (1 - e^{-KC \cdot \Delta t})^{JC}$, как показано на рисунке И.18.

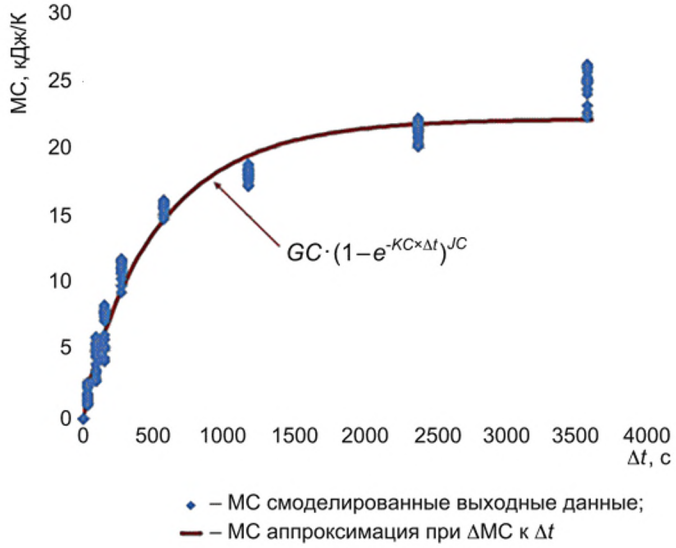


Рисунок И.18 — Аппроксимация ΔMC к Δt

Из этих двух процессов наилучшего соответствия получается общее наилучшее соответствие уравнения MC данным моделирования, в результате чего определяются пять коэффициентов уравнения MC, уравнение (И.22). Окончательные значения этих коэффициентов показаны в таблице И.5.

Таблица И.5 — Окончательные значения коэффициентов уравнения MC

AC	1.10487E+00
BC	2.20466E+00
GC	2.22198E+01
KC	1.63097E–03
JC	8.23284E–01

И.3.1.3 Вывод уравнения выгрузки водорода

Чтобы использовать метод MC для расчета конечного целевого давления, необходимо рассчитать начальную температуру в холодном случае СХКВ. Используются граничные условия холодного насыщения из таблицы А.4 приложения А, а также максимальная скорость выгрузки водорода из таблицы А.3 приложения А. Начальная температура в холодных условиях рассчитывается с использованием метода MC, когда водород выходит из контрольного объема, а не входит в него. Для выгрузки водорода уникальный набор коэффициентов уравнения MC был получен с использованием результатов моделирования номер 25 в таблице И.3. Для расчета начальной температуры холодного корпуса с использованием метода MC требуется итеративное решение, поскольку энтальпия на выходе из контрольного объема является функцией температуры водорода. Чтобы исключить необходимость повторения и упростить этот расчет, было разработано уравнение регрессии, которое вычисляет начальную температуру в холодных условиях T_{init_cold} как функцию температуры окружающей среды T_{amb} и начального давления $P_{initial}$. Нижний предел для T_{init_cold} установлен на минус 40 °С, как описано в А.6 приложения А. Окончательное уравнение регрессии выражено уравнением (И.23).

$$T_{fit_1} = 273{,}15 + P_{initial} \cdot 0{,}31 - 12{,}21,$$

$$T_{fit_2} = 273{,}15 + (T_{amb} - 273{,}15) \cdot (0{,}89 - P_{initial} \cdot 6{,}74\text{E}{-}06) + (P_{initial} \cdot 0{,}31 - 43{,}45),$$

$$\text{если } T_{fit_2} > T_{fit_1}, \text{ то } T_{init_cold} = T_{fit_1}, \text{ иначе } T_{init_cold} = T_{fit_2}, \qquad (И.23)$$

$$\text{и если } T_{init_cold} < 233{,}15, \text{ то } T_{init_cold} = 233{,}15.$$

И.3.1.4 Расчет конечного давления с использованием метода МС

Давление в конце заправки рассчитывается по расчетной температуре водорода T_{cold} в конце наполнения в холодных условиях. Уравнения, используемые для расчета T_{cold}, приведены в Л.2.2, Л.2.3 и Л.2.5 приложения Л. Номенклатура, используемая для определения параметров метода МС в Л.2, отличается от используемой в И.3.1, поскольку обозначение этих параметров относится к сценарию холодного случая, тогда как И.3.1 обозначает параметры метода МС. Чтобы связать параметры общего метода МС в И.3.1 с параметрами холодного случая, используемого в Л.2, в качестве справочной информации приведена таблица И.6.

Таблица И.6 — Соотношение общей номенклатуры метода МС с номенклатурой холодного случая

Обозначение	Уравнение для холодных условий	Обозначение в методе МС	Уравнение для общих условий
T_{init_cold}	(Л.34)	$T_{initial}$	(И.21), (И.22)
m_{init_cold}	(Л.41)	m_1	(И.18)
m_{final_cold}	(Л.40)	m_2	(И.18), (И.19), (И.21)
u_{init_cold}	(Л.43)	u_1	(И.18)
U_{init_cold}	(Л.44)	$U_{initial}$	(И.22)
$m_{add} \cdot h_{ave}$	(Л.64)	$\int_{m_1}^{m_2} h_i dm$	(И.18), (И.19)
$U_{adiabatic_cold}$	(Л.64)	$U_{adiabatic}$	(И.22)
$u_{adiabatic_cold}$	(Л.65)	$u_{adiabatic}$	(И.19)
$T_{adiabatic_cold}$	(Л.66)	$T_{adiabatic}$	(И.19), (И.21)
C_{v_cold}	(Л.67)	C_v	(И.19), (И.21)
Δt_{cold}	(Л.35), (Л.68), (Л.69)	Δt	(И.22)
MC_{cold}	(Л.69)	MC	(И.20)—(И.22)
T_{cold}	(Л.70)	T_{final}	(И.19)—(И.21)

T_{cold} — это окончательный результат расчетов по методу МС. С помощью T_{cold} и целевой плотности можно рассчитать целевое давление в конце заполнения. T_{cold} используют для расчета целевого давления при заправке без связи и предельного давления при заправке через связь. Целевая плотность для наполнителей без связи составляет 40,2 г/л и 24,0 г/л для H70 и H35 соответственно.

Для коммуникационных наполнителей целевая плотность также основана на 40,2 г/л и 24,0 г/л для H70 и H35 соответственно, однако вместо T_{cold} в качестве начального значения температуры используется измеренная температура СХКВ MT. Коэффициент дисконтирования SOC_{target} применяется для учета точности датчика при измерении давления и температуры. Например, если SOC_{target} установлено значение 98, это снижает или уменьшает целевую плотность на 2 %. SOC_{target} устанавливается производителем ТРК на основе точности используемых датчиков.

Предельное давление также рассчитывается из T_{cold} для коммуникационных наполнителей на основе предела 115 %-ного уровня заряда для холодного варианта, что соответствует максимальной плотности 46,23 г/л для класса давления H70 и 27,6 г/л для класса давления H35. Обоснованием установки предела на уровне 115 %-ного уровня заряда является то, что он соответствует максимальному значению уровню заряда в холодном случае для протокола на основе таблиц при заправке до целевых показателей давления связи (см. А.7 приложения А). В А.7 приложения А 120 %-ный уровень заряда выбрано в качестве целевого уровня заряда для расчета конечных давлений P_{CC} в холодном состоянии. Однако при расчете целевых показателей давления связи для протокола на основе таблиц P_{CC} никогда не используется (РНС всегда является ограничивающим давлением). Моделирование основанного на таблице протокола заправки со связью в холодных условиях приводит к максимальному уровню заряда, равному 115 %.

Уравнения (Л.82), (Л.83) и (Л.84) в Л.2.7.2 используются для расчета целевого давления отсутствия связи, целевого давления связи и предела давления связи соответственно. Эти уравнения представляют собой кривую зависимости давления от температуры при постоянной плотности (целевой плотности).

И.3.1.5 Валидация метода МС, завершающего контроль давления

Конечный контроль давления с использованием метода МС спроектирован так, чтобы быть консервативным. Это связано с тем, что коэффициенты уравнения МС были получены с использованием подхода наилучшего соответствия. Таким образом, уравнение МС имеет некоторый допуск, который необходимо учитывать. Допуск в уравнении МС учитывается путем расчета среднемассовой энтальпии. Среднемассовая энтальпия измеряется на выходе из ТРК и, таким образом, не учитывает передачу тепла из окружающей среды водороду через станцию и компоненты ТС, а также тепло, накопленное в этих компонентах до заправки водородом. Это означает, что фактическая энтальпия на входе в ТРК выше, чем измеренная на выходе из колонки. Поскольку расчетная энтальпия ниже, чем фактическая энтальпия, поступающая в СХКВ, расчетная конечная температура водорода ниже, что приводит к более низкому конечному целевому давлению. Таким образом, целевое значение давления, рассчитанное по методу МС, является консервативным, даже с учетом допуска в уравнении МС. Чтобы продемонстрировать и подтвердить это, было проведено моделирование заправки водородом и стендовые испытания.

Для проверки конечного контроля давления с использованием метода МС было проведено моделирование заправки водородом в холодном СХКВ. Цель состояла в том, чтобы показать, что конечный уровень заряда всегда равен или меньше 100 %. Контроль конечного давления по методу МС и контроль скорости нарастания давления по формуле МС были запрограммированы в модель заправки, описанную в А.1 приложения А, а затем была проведена серия моделирования заправки с холодным СХКВ, где сначала СХКВ разряжали в условиях запуска с холодной выдержкой, а затем заправляли с использованием формулы МС *PRR*. Температура окружающего воздуха, начальное давление и температура подачи водорода варьировались для проверки контроля конечного давления в широком диапазоне. Всего было проведено 48 итераций моделирования для СХКВ в холодных условиях категории Н70 и 45 итераций для СХКВ в холодных условиях категории Н35. Максимальное значение уровня заряда для моделирования Н70 составило 99,7 %, а максимальное значение уровня заряда для моделирования Н35 составило 100 %.

Были проведены лабораторные испытания с использованием набора из двух 2,3-килограммовых сосудов типа III, в условиях холодной пропитки и выгрузки водорода с последующей дозаправкой. Конечный уровень заряда в этом испытании составил 97,1 %.

И.3.2 Таблицы конечного давления

В качестве альтернативы методу МС, описанному в И.3.1 для контроля конечного давления, можно использовать набор таблиц конечного давления, которые функционируют таким же образом, как целевые значения давления, используемые в табличном протоколе.

И.3.2.1 Обоснование

Таблицы конечного давления, содержащие фиксированные целевые значения давления и предельные значения давления, могут использоваться для контроля конечного давления протокола на основе формулы МС, поскольку время заправки ограничено нижним пределом давления в коридоре давления и среднемассовым значением используемой температуры подачи водорода для управления (MAT_C) классифицируется по Т40, Т30 или Т20 с отдельным набором целевых значений давления для каждой категории температуры подачи водорода.

Ограничение времени заправки показано на рисунке И.19.

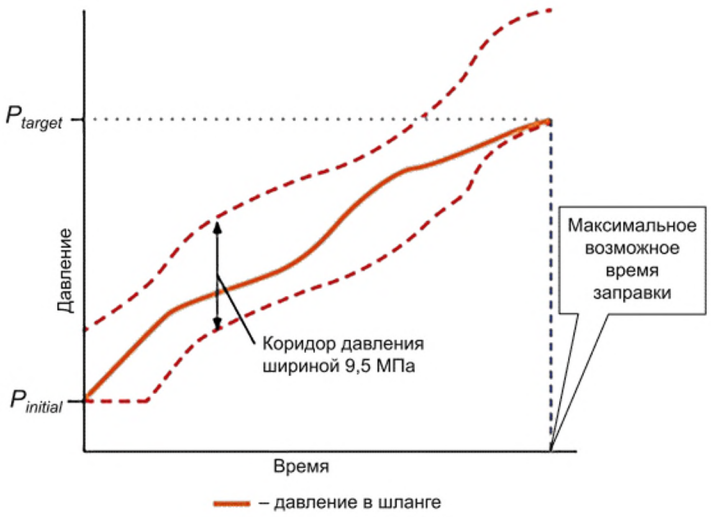


Рисунок И.19 — Иллюстрация того, как время заправки ограничено нижним пределом коридора давления

Время заправки также ограничено категорией подачи водорода. Наименьшее возможное время заправки в пределах категории доставки водорода приходится на верхнюю границу этой категории, как показано на рисунке И.20.

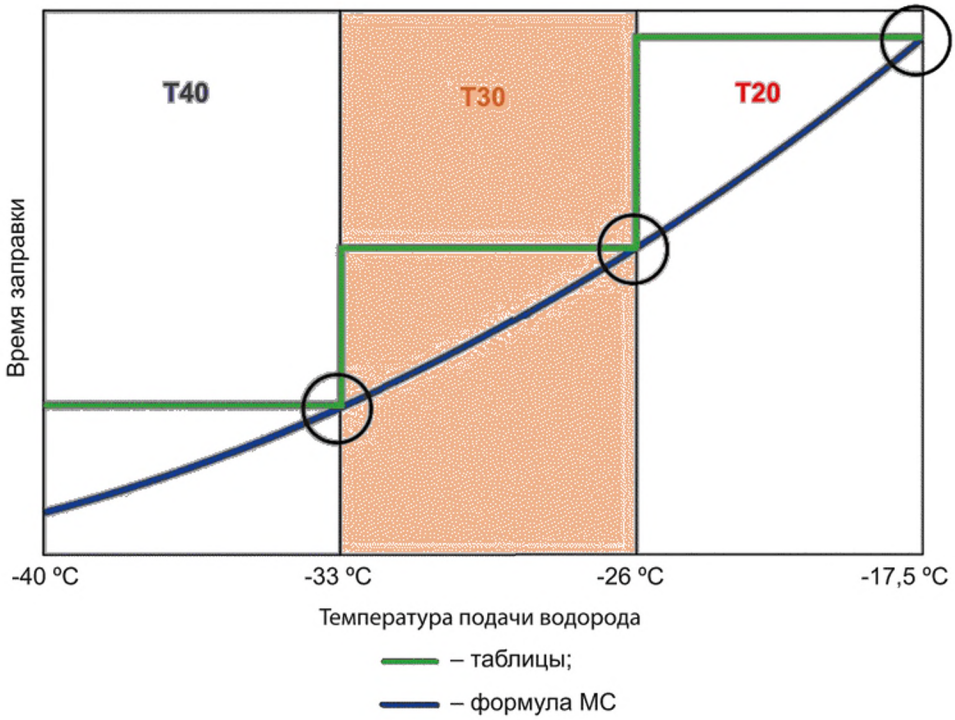


Рисунок И.20 — Иллюстрация ограничения времени заправки категорией подачи водорода

При объединении максимально возможного времени заправки в пределах категории подачи водорода с максимально возможным временем заправки в пределах коридора давления максимально возможное время заправки рассчитывается для каждой температуры окружающей среды и начального давления. Таблица целевых значений давления рассчитывается так же, как описано в А.5—А.7 приложения А.

И.3.2.2 Применение

При применении таблиц конечного давления к протоколу, основанному на формуле MC, необходимо учитывать два соображения. Первое соображение заключается в том, какую таблицу целей давления или пределов использовать. Вторым соображением является определение целевого давления или предела давления из данной таблицы.

И.3.2.2.1 Выбор таблицы

Каждая таблица конечных давлений классифицируется по следующим признакам: класс давления, категория температуры подачи водорода, связь или отсутствие связи, категория емкости СХКВ, а также теплая ТРК или холодная ТРК (ДС).

Класс давления, категория емкости СХКВ и классификация теплой или холодной колонки могут быть определены до начала заправки (основного времени заправки). Категория температуры подачи водорода и, возможно, классификация связи или отсутствия связи обновляются по всей заправке. Классификация связи и отсутствия связи будет меняться только в том случае, если связь будет потеряна во время заправки связи, а заправочная колонка продолжит заправку, используя отсутствие связи. Классификация категорий температуры подачи водорода имеет наибольший потенциал для изменения во время заправки, хотя типичным случаем является то, что ТРК поддерживает температуру подачи водорода в пределах заданной категории на протяжении всей заправки.

Вместо того, чтобы определять, какую таблицу использовать при расчете каждого временного шага в 1 с, целевые значения давления без связи и предельные значения давления для связи рассчитывают для всех возможных случаев на завершающем этапе инициализации давления. Рассчитывают девять целевых значений давления без связи и девять предельных значений давления для связи (три категории температуры подачи водорода, Т40, Т30 и Т20, и три категории емкости СХКВ А, В и С). Этот подход облегчает быстрое определение правильного целевого значения давления без связи и предела давления связи для использования при расчете каждого временного шага в 1 с.

В целях определения правильного целевого давления и предельного значения категория температуры подачи водорода основывается на MAT_C, который представляет собой среднемассовое значение температуры подачи водорода, используемое в качестве управляющего входного сигнала для окончательного уравнения (для целей определения обозначение станции, категория температуры подачи водорода основана на MAT_{30}, см. 8.1.1).

Поскольку MAT_C является наиболее вероятным параметром, изменяющимся во время заполнения, логика выбора правильного целевого значения давления без связи и предельного значения давления связи на основе категории температуры подачи водорода показана в уравнении (И.24). Для категории температуры подачи водорода Т20 верхняя граничная температура минус 17,5 °С не используется при определении того, следует ли использовать целевое значение давления без связи Т20 и предел давления связи. Это связано с тем, что MAT_C может превысить эту верхнюю граничную температуру во время заполнения, особенно если начальное давление относительно высокое, в то время как заполнение все еще остается в пределах требований процесса.

Если $-40\ °C \le MAT_C \le -33\ °C$, тогда используют значения целевых давлений и ограничений для категории *T40,*

если $-33\ °C \le MAT_C \le -263\ °C$, тогда используют значения целевых давлений и ограничений (И.24)
для категории *T30,*

если $-26\ °C \le MAT_C$, тогда используют значения целевых давлений и ограничений для категории *T20*

И.3.2.2.2 Расчет целевого и предельного давления по таблицам

Для заданной таблицы конечного давления используемое фактическое значение давления определяется температурой окружающей среды T_{amb} и начальным давлением $P_{initial}$. Интерполяция используется, как описано в примере Б приложения Ж. Для случаев, когда начальное давление меньше 5 МПа, используется табличное значение, и интерполяция проводится только по температуре окружающей среды.

Приложение К
(обязательное)

Блок-схемы на основе формулы МС

К.1 Введение

В соответствии с 8.7 в данном приложении описаны блок-схемы заправки водородом по формуле МС. Эти блок-схемы объясняют логику управления заправкой по формуле МС. Эти блок-схемы следует использовать в сочетании с подпрограммами, подробно описанными в приложении Л. Там, где это уместно, в блок-схемах приведена ссылка на применимый раздел и/или уравнение приложения Л.

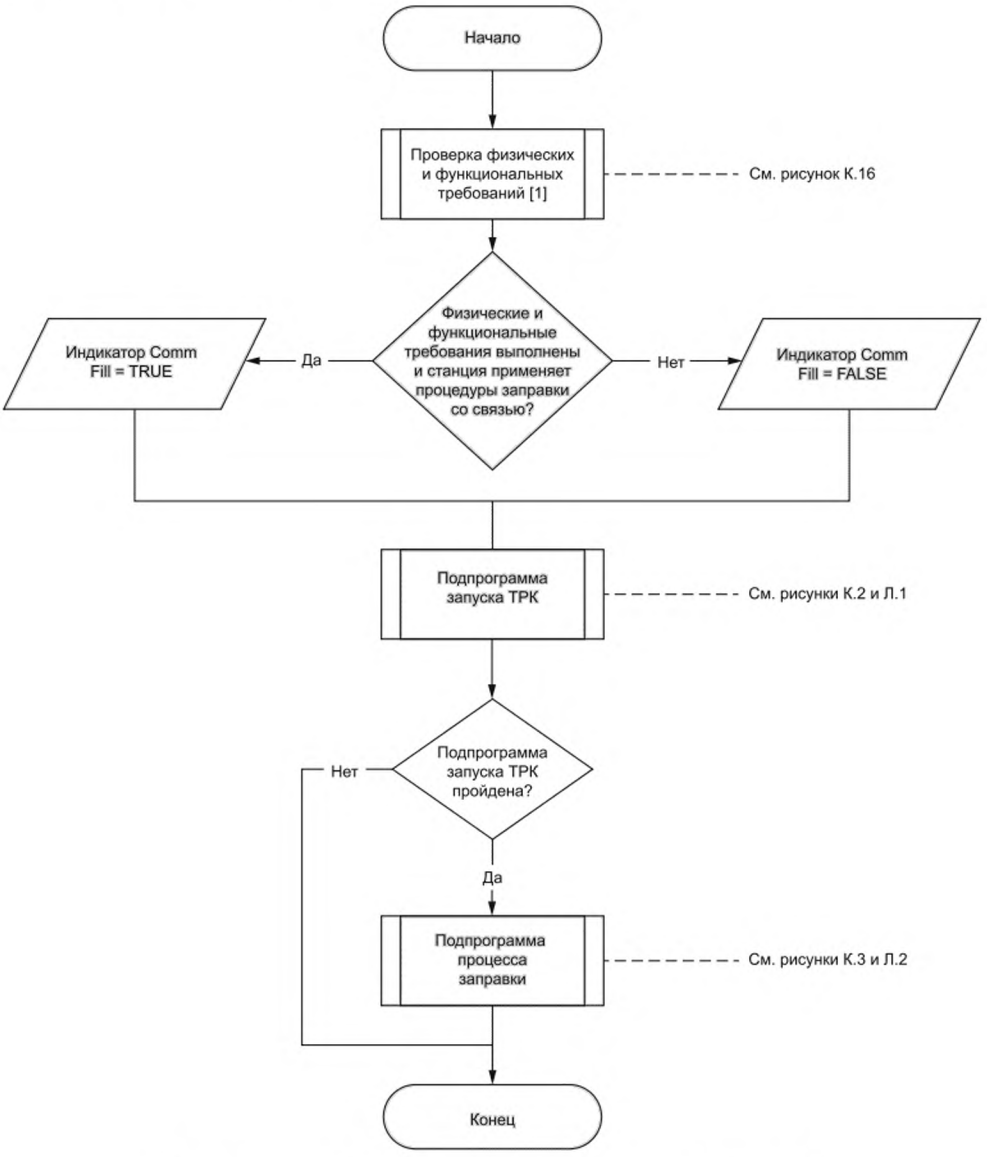


Рисунок К.1 — Обзор заправки водородом по формуле МС

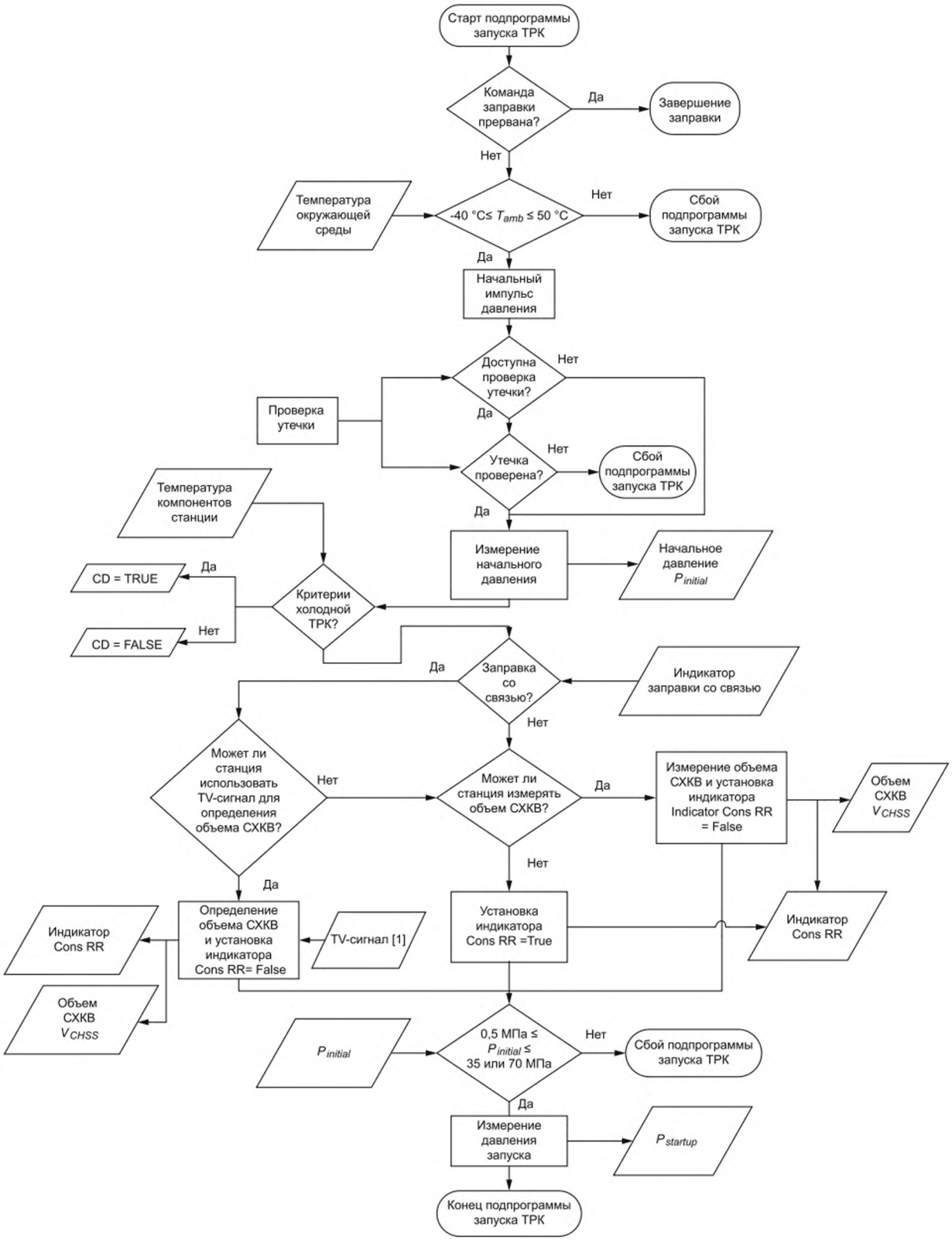


Рисунок К.2 — Подпрограмма запуска ТРК на основе формулы МС

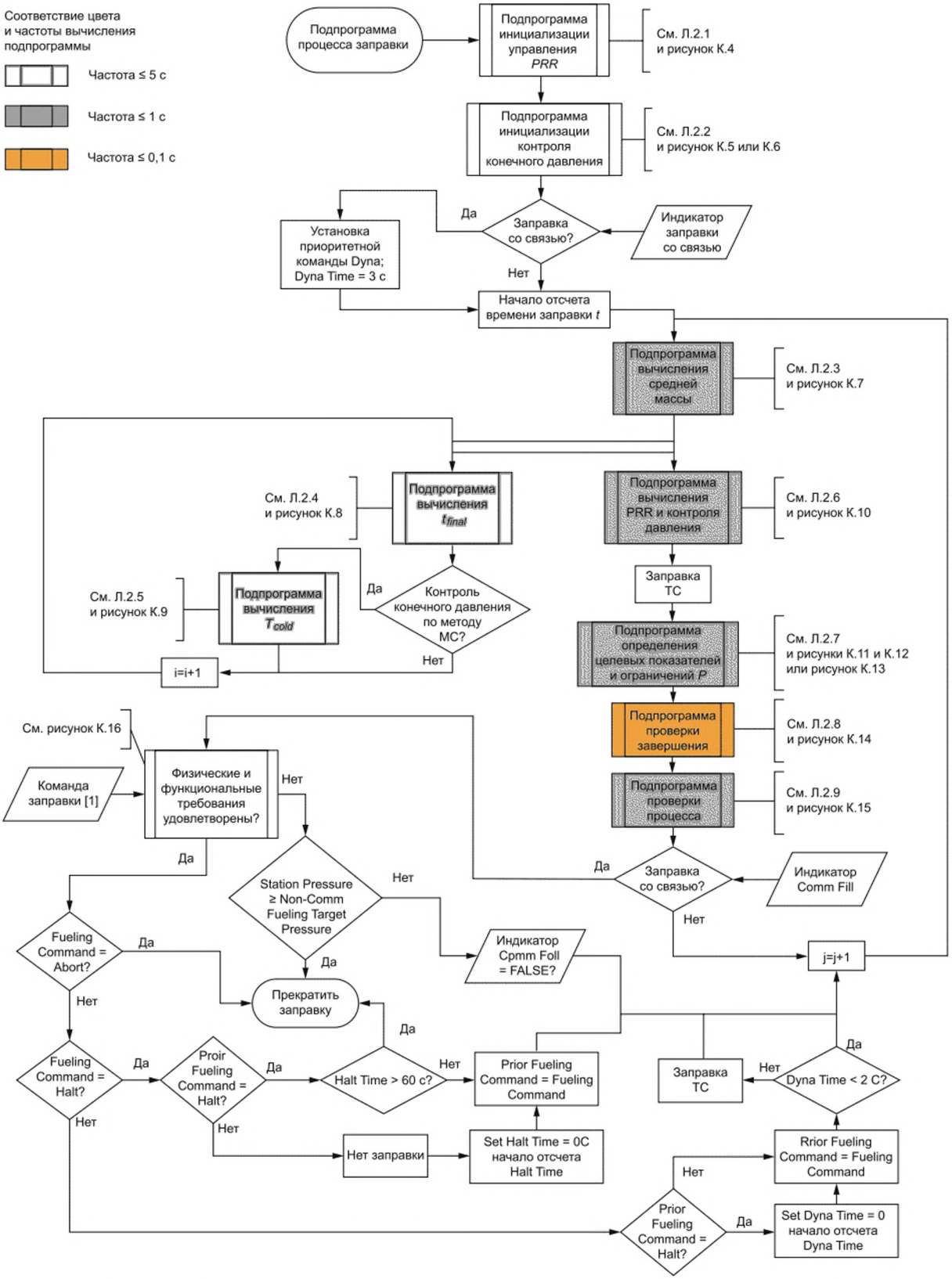


Рисунок К.3 — Подпрограмма процесса заправки водородом на базе формулы МС

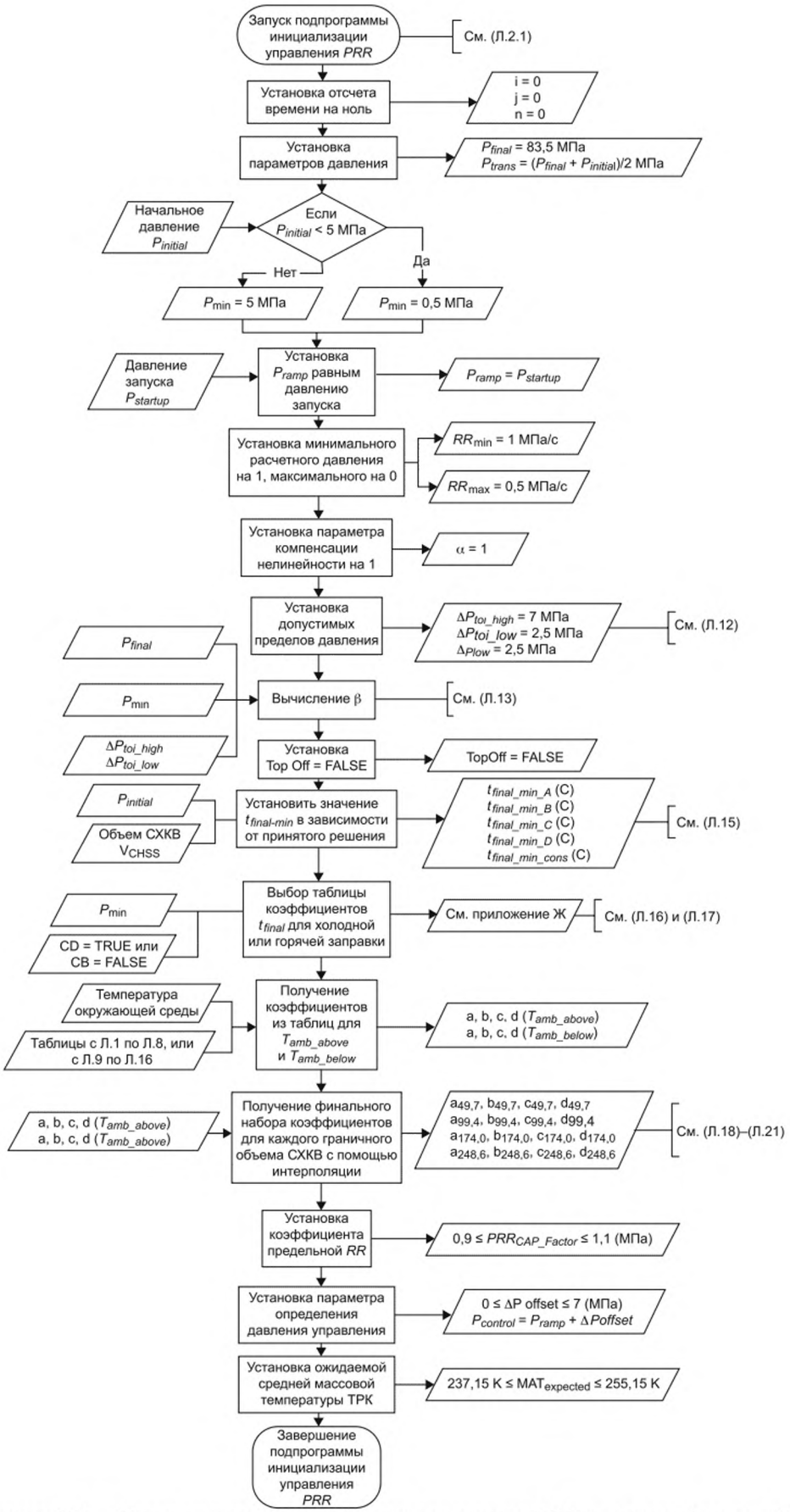


Рисунок К.4 — Подпрограмма инициализации управления PRR на основе формулы МС

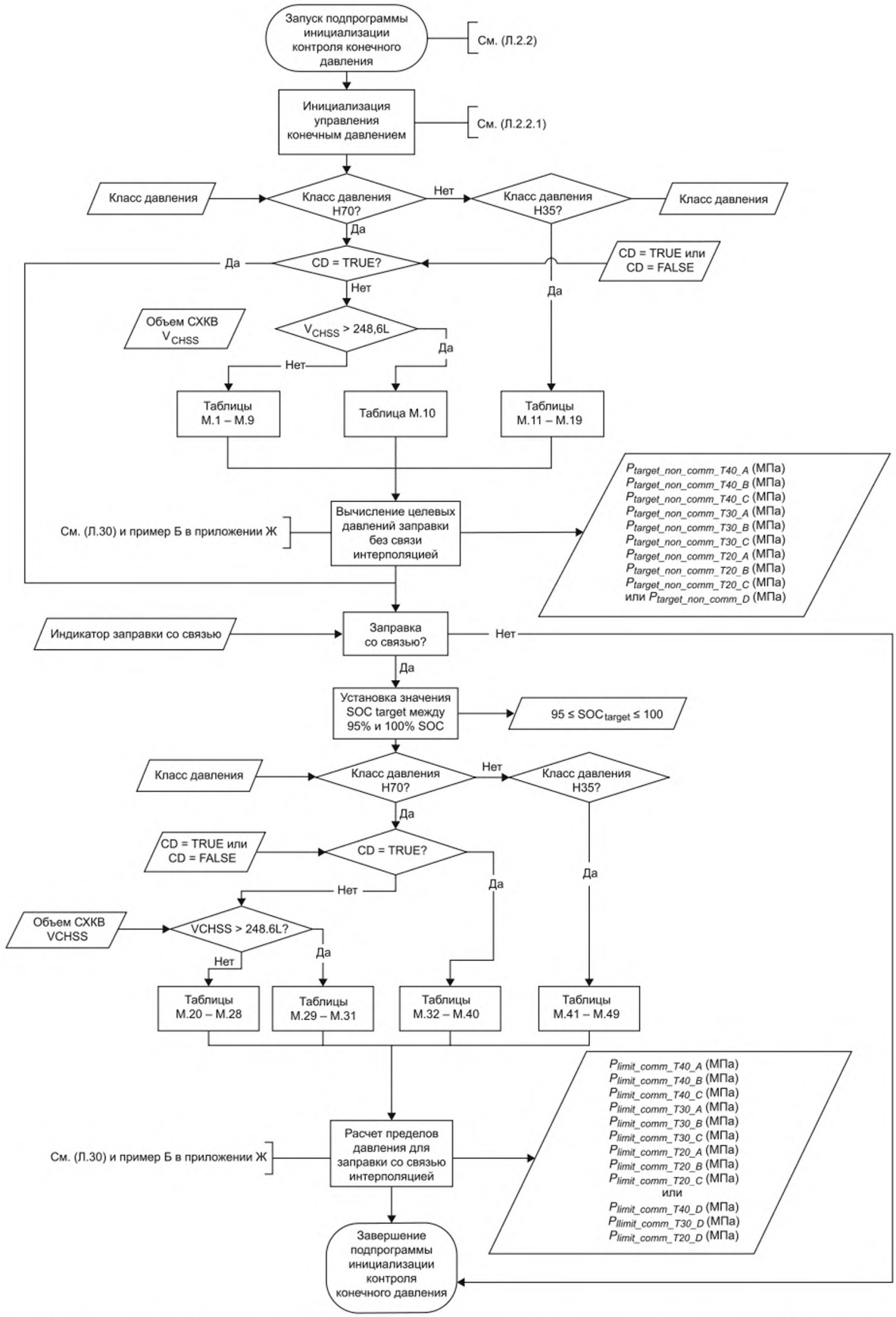


Рисунок К.5 — Подпрограмма инициализации управления конечным давлением на основе формулы MC — таблицы конечного давления

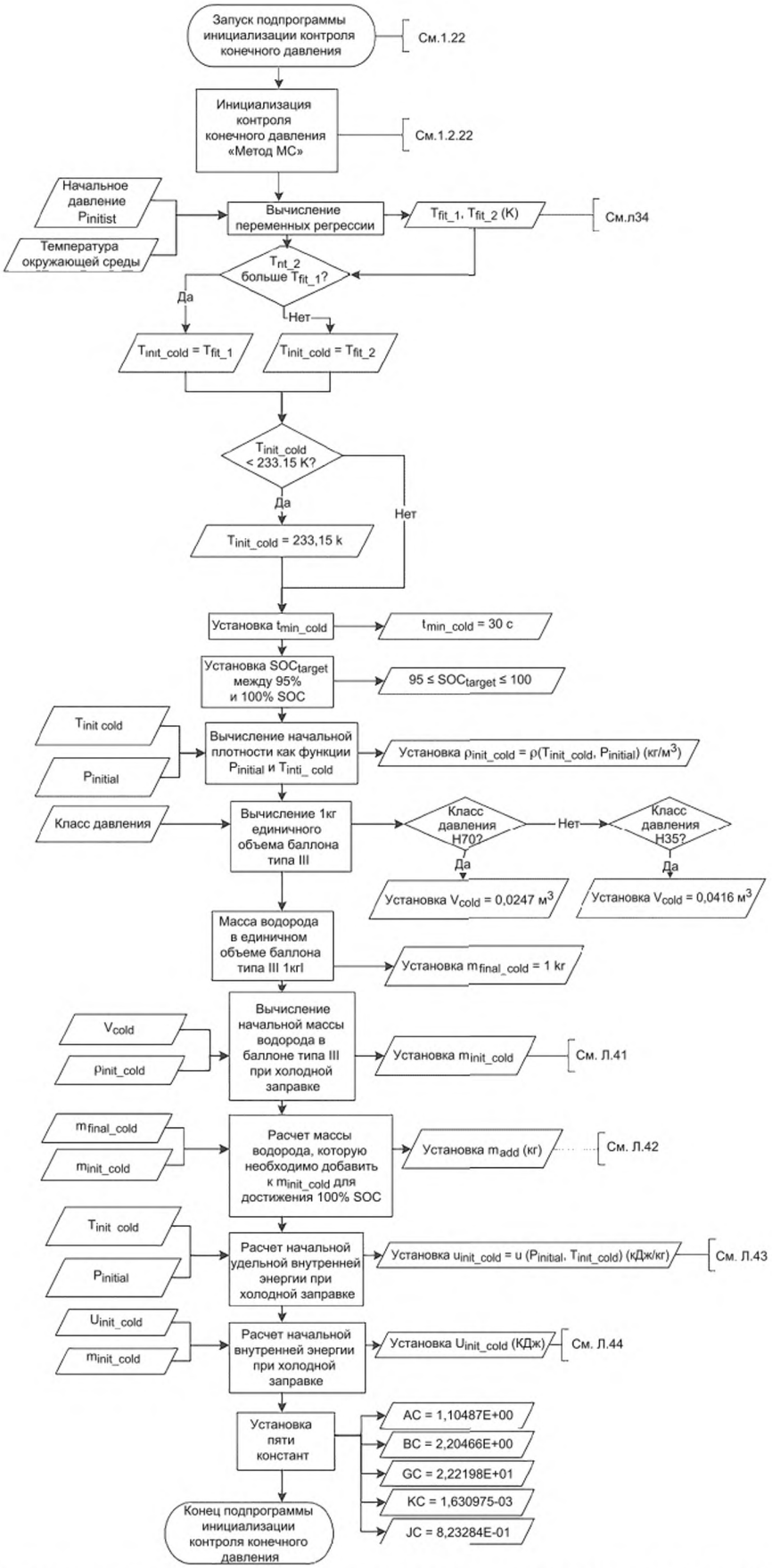


Рисунок К.6 — Подпрограмма инициализации управления конечным давлением на основе формулы метод MC

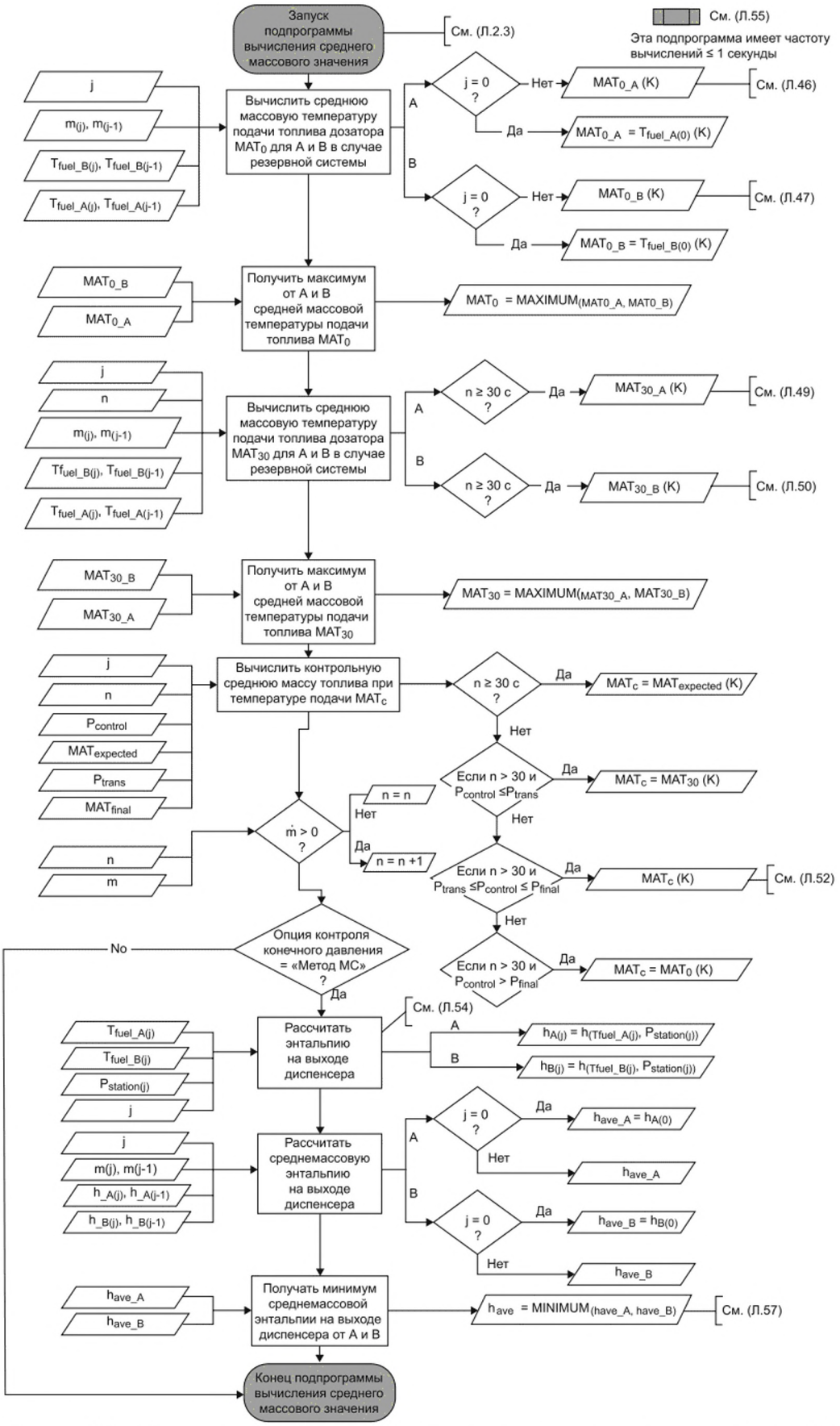


Рисунок К.7 — Подпрограмма расчета среднемассового значения на основе формулы MC

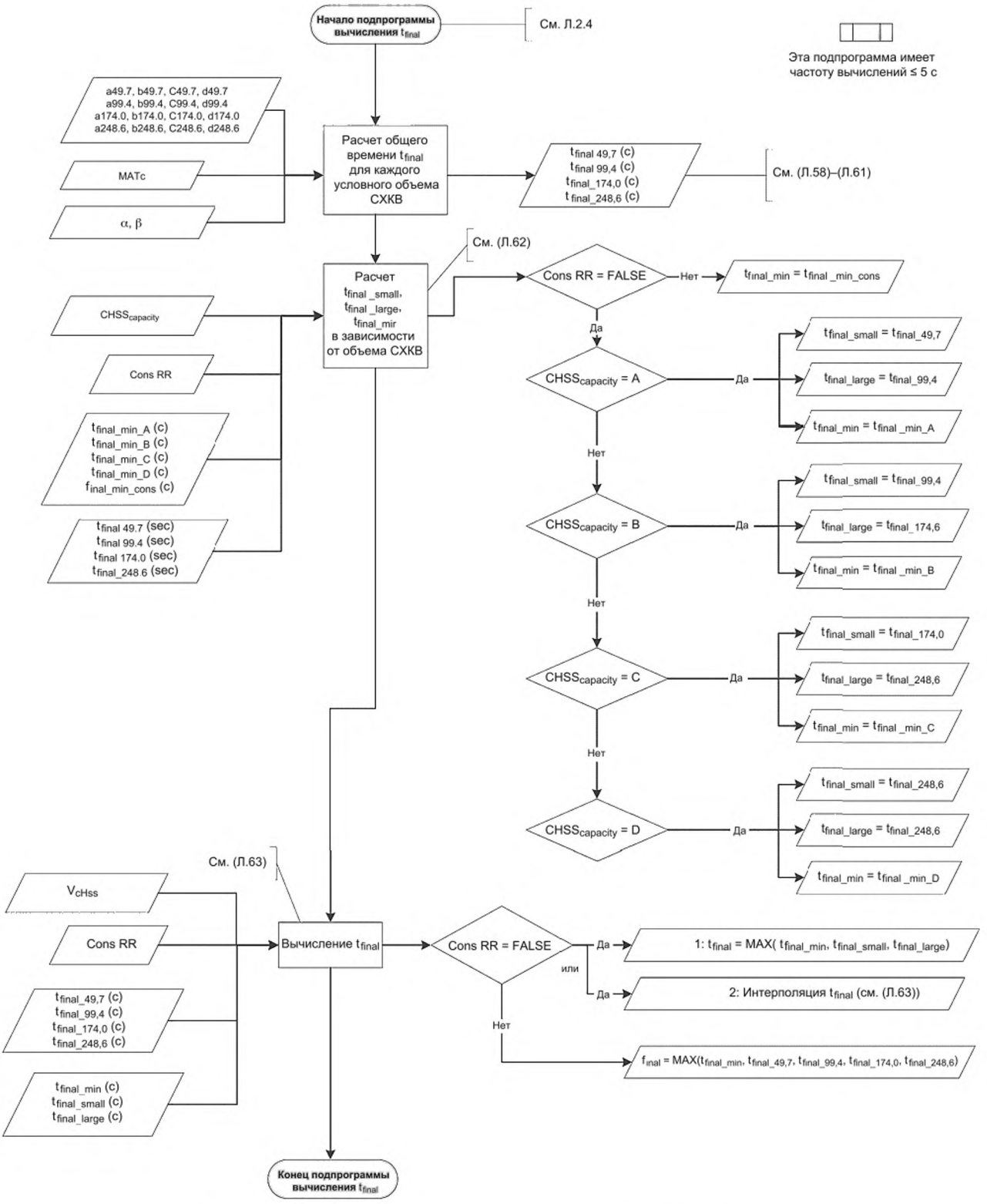


Рисунок К.8 — МС Расчет подпрограммы t_{final} на основе формулы

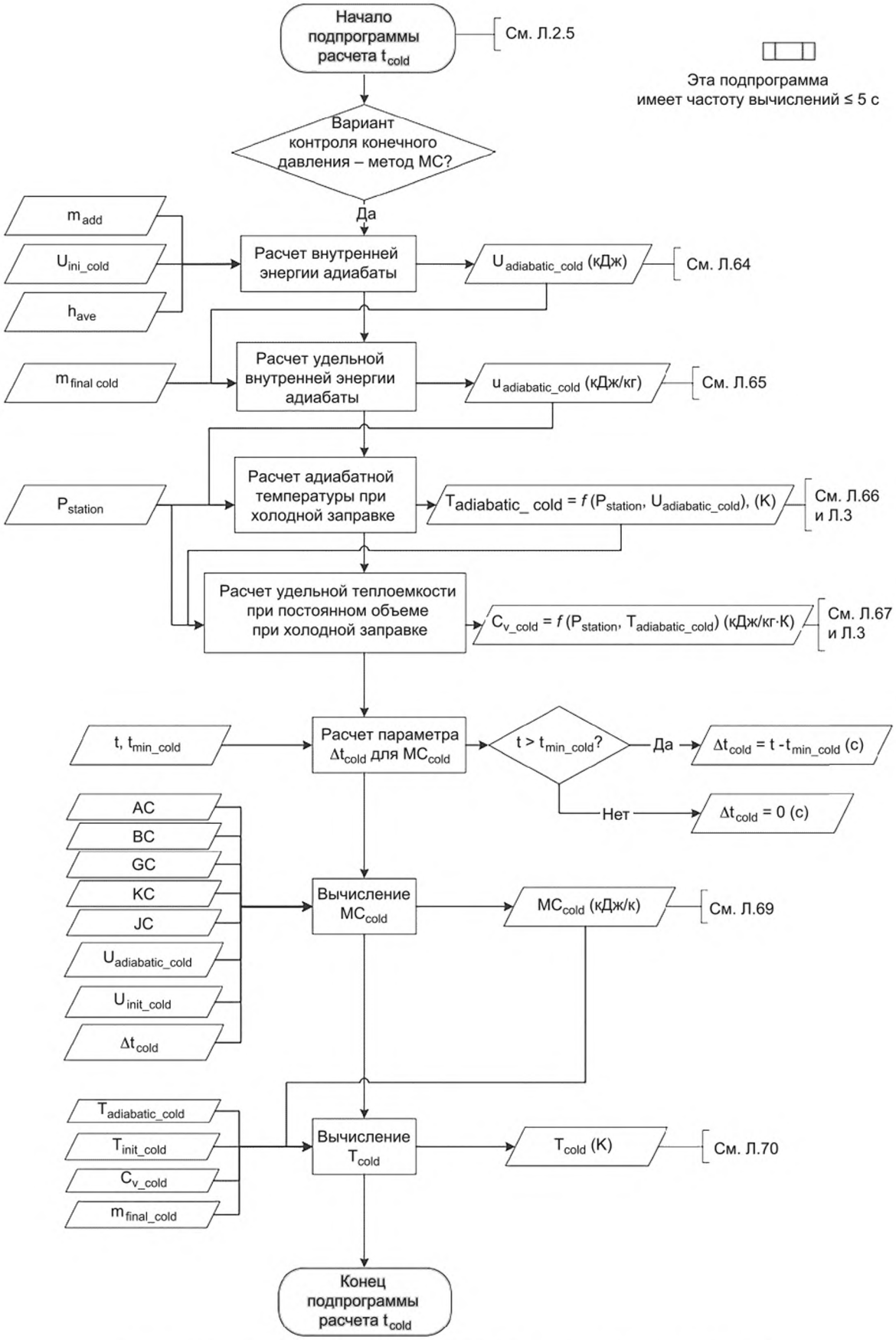


Рисунок К.9 — Подпрограмма расчета PRR и $P_{control}$ на основе формулы МС

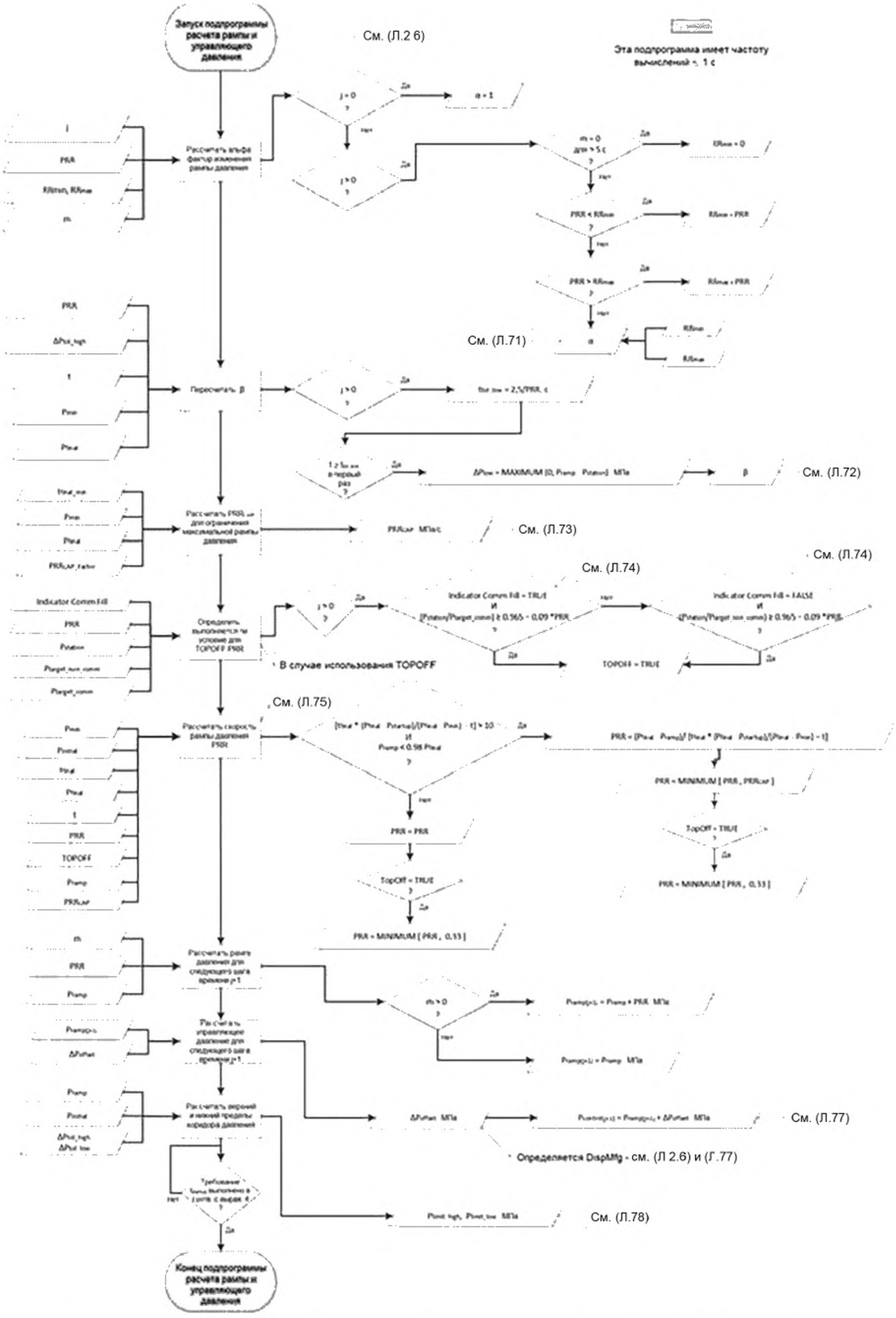


Рисунок К.10 — Подпрограмма определения целевых и предельных значений давления на основе формулы МС — заключительные таблицы давления

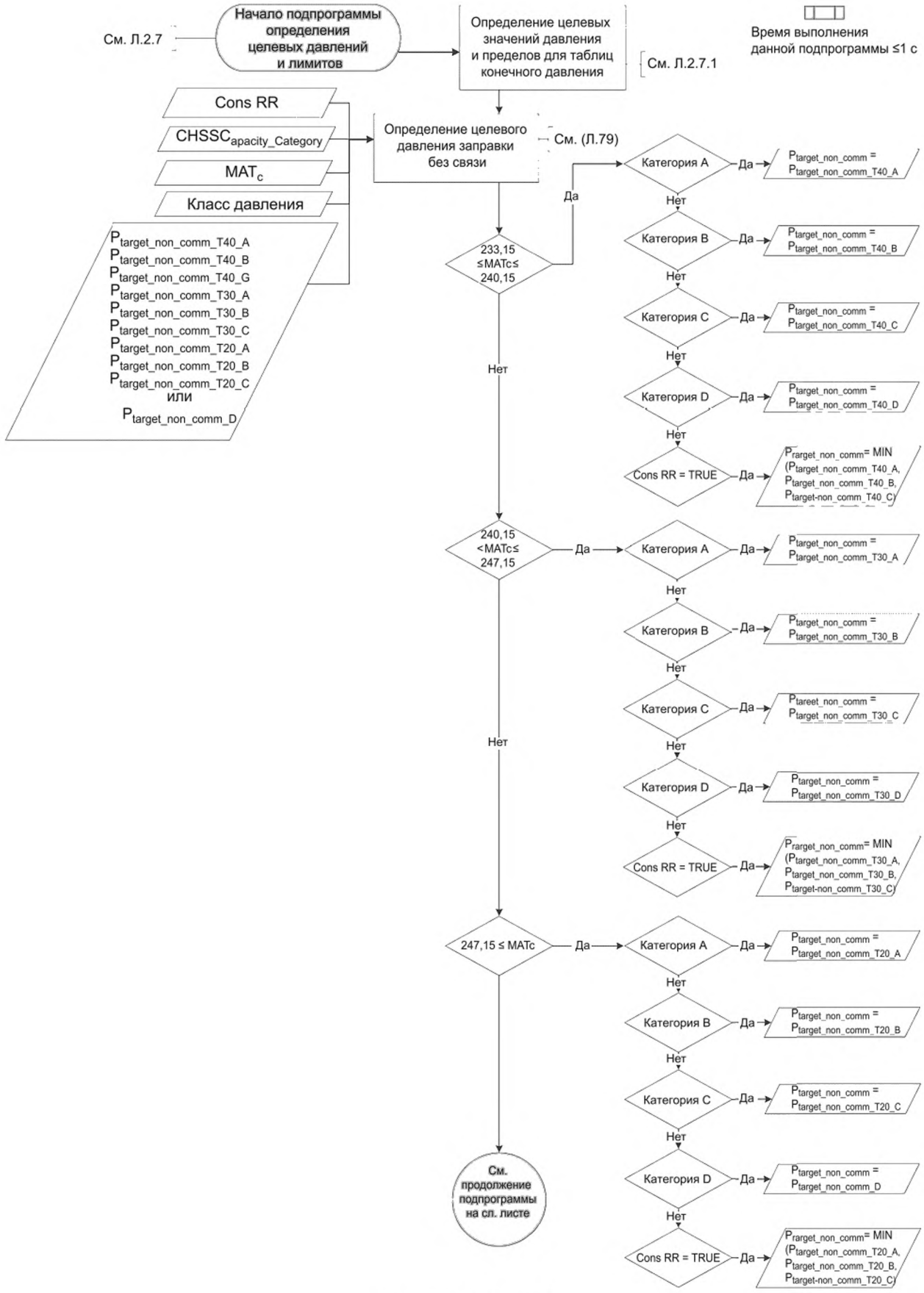


Рисунок К.10, лист 2

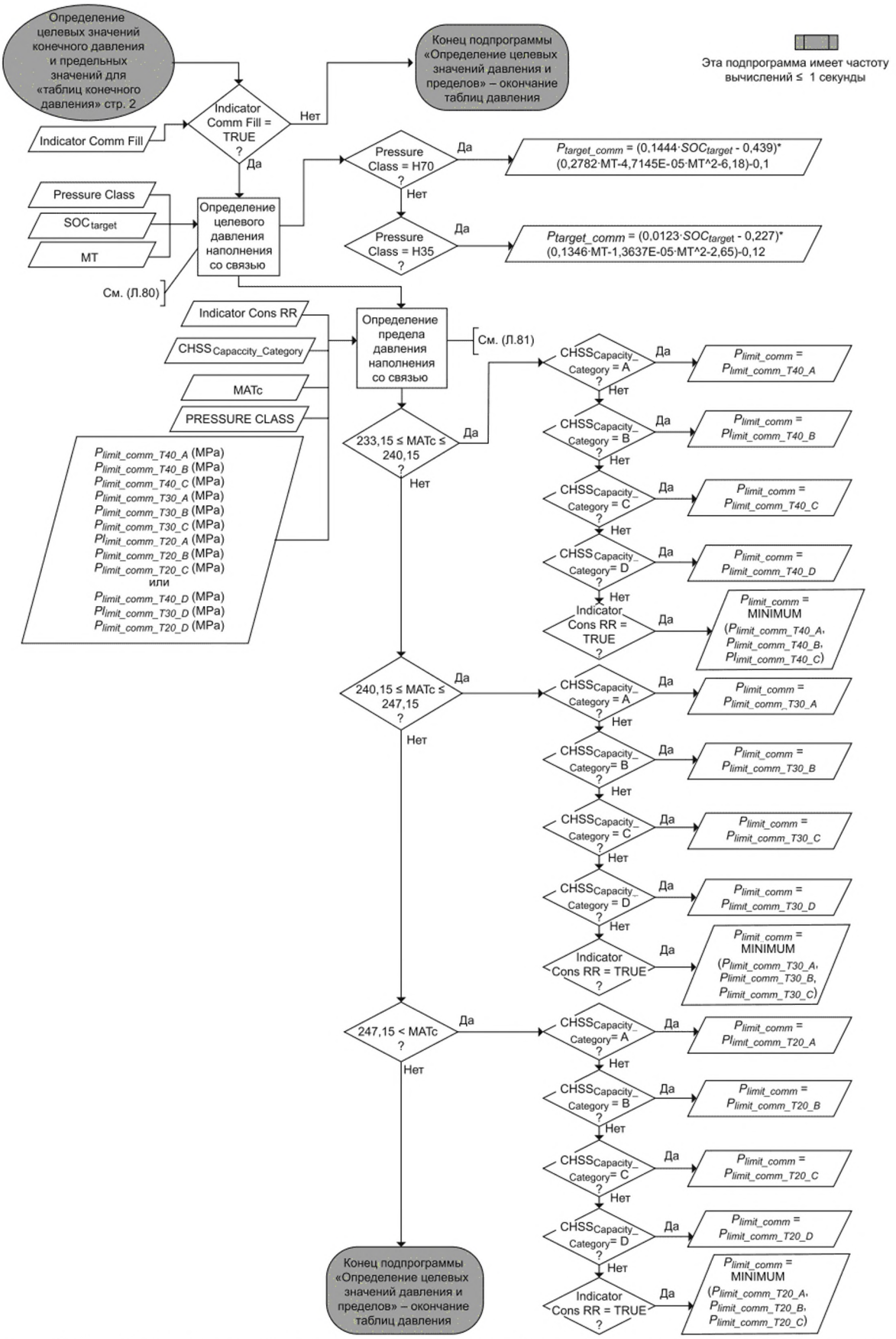


Рисунок К.11 — Подпрограмма определения целевых значений давления и предельных значений на основе формулы MC — метод MC

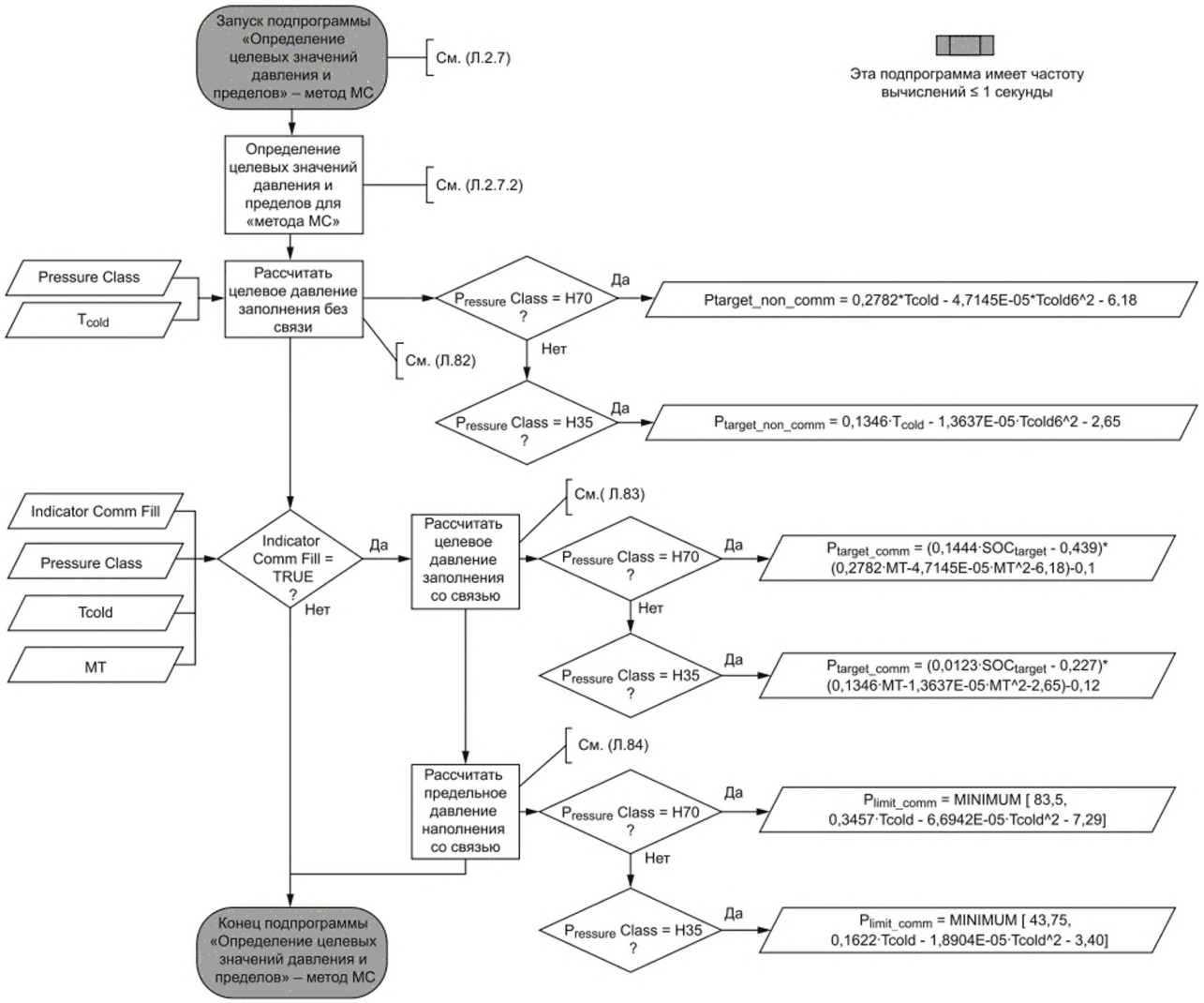


Рисунок К.12 — Подпрограмма оценки конца заполнения на основе формулы MC

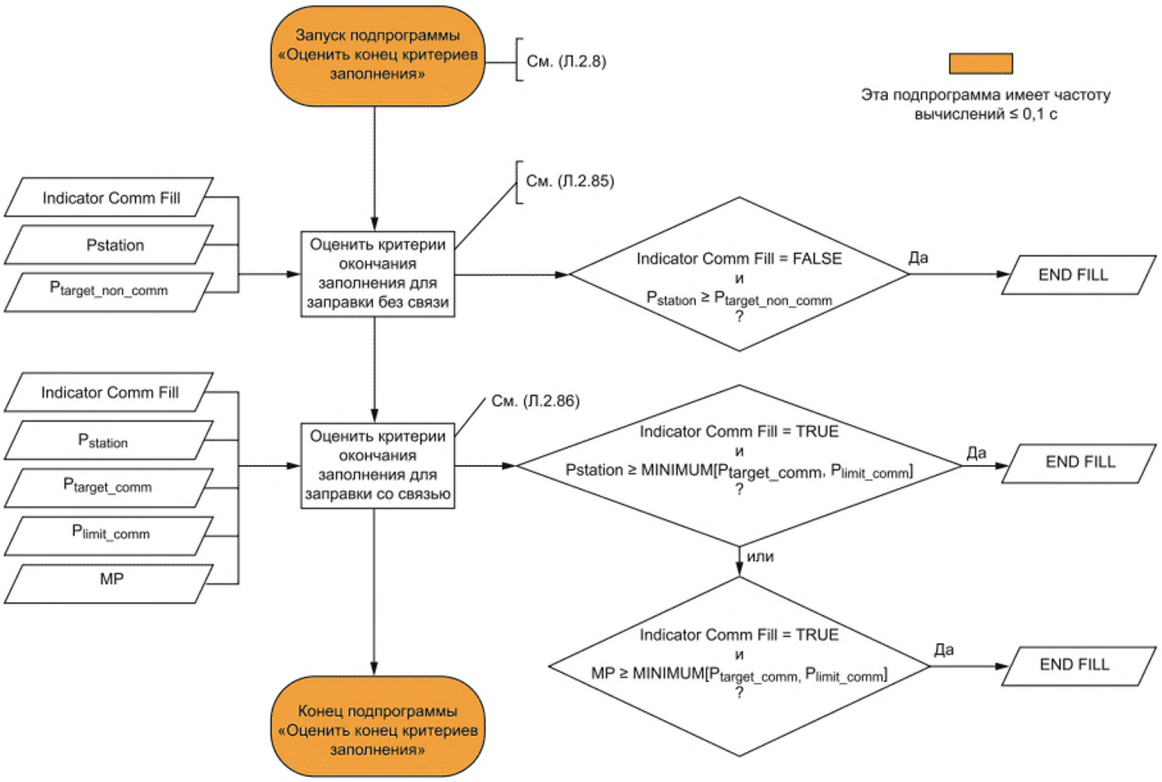


Рисунок К.13 — Подпрограмма проверки процесса на основе формулы МС

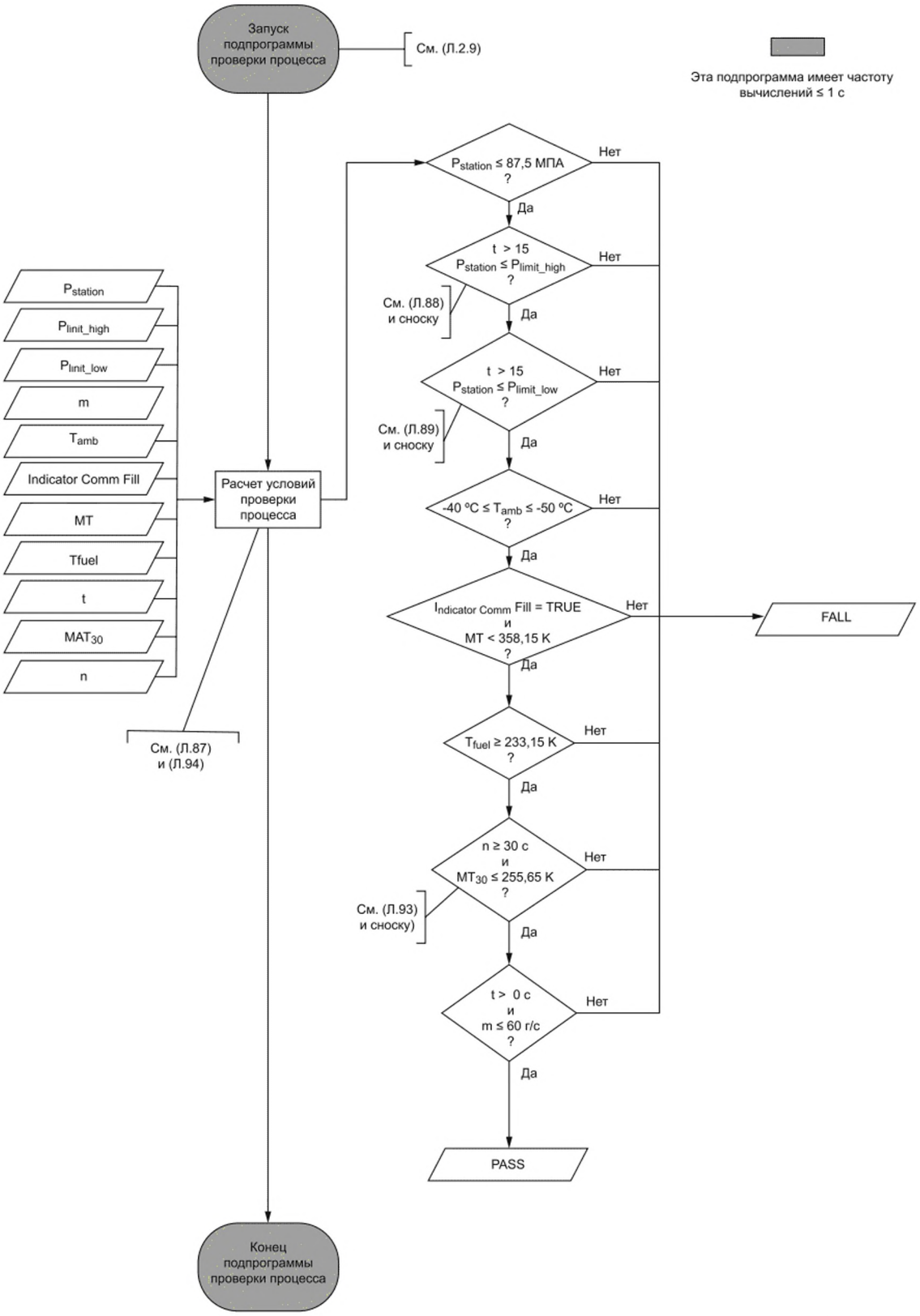


Рисунок К.14 — Подпрограмма физических и функциональных требований (см. [1])

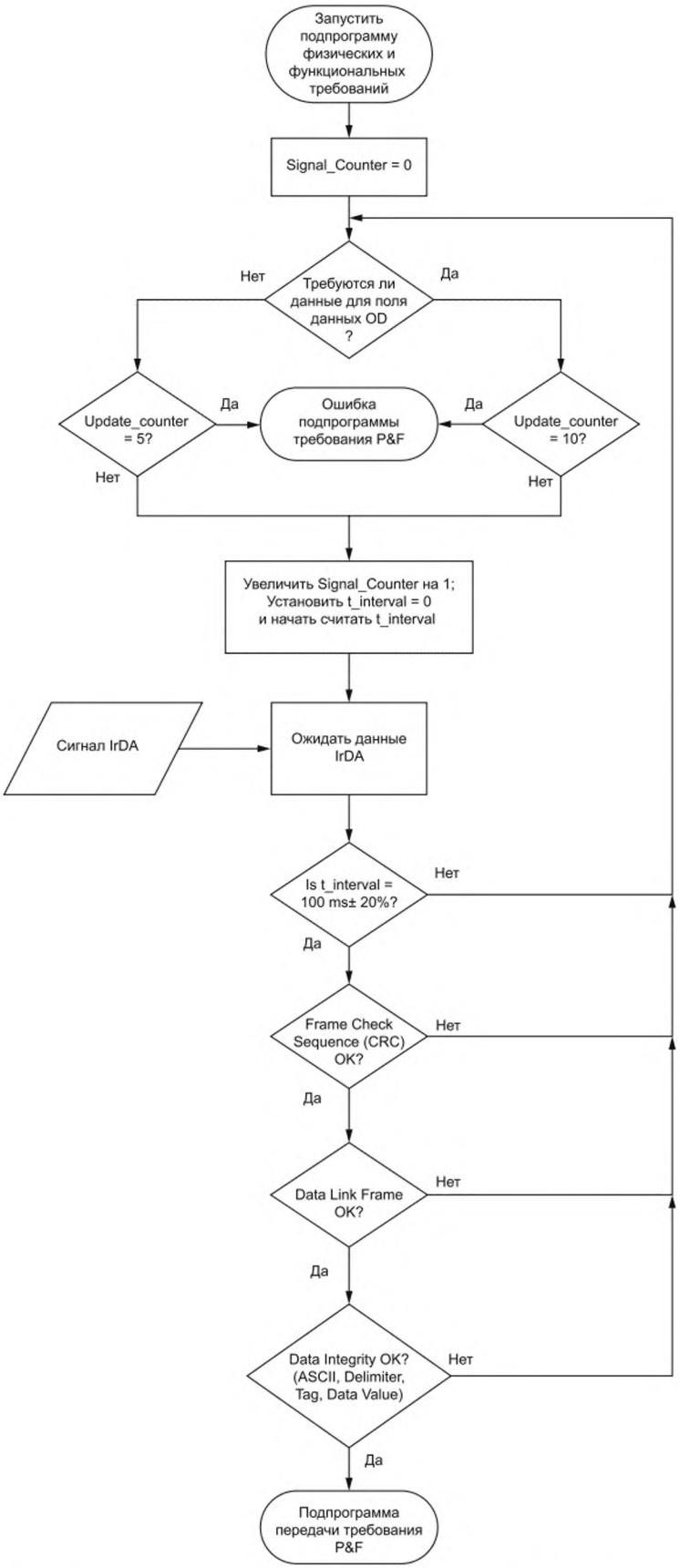


Рисунок К.15 — Подпрограмма физических и функциональных требований (см. [1])

Приложение Л
(обязательное)

Параметры и коэффициенты, основанные на формулах МС

Л.1 В приложении описаны параметры, уравнения и формулы для реализации протокола на основе формул МС. Это приложение следует использовать вместе с блок-схемами, приведенными в приложении К. Каждая подпрограмма в блок-схемах в приложении К непосредственно связана с разделом этого приложения. Блок-схемы следует использовать как средство для понимания порядка требуемых расчетов, тогда как подпрограммы, описанные в этом приложении, следует использовать как средство для понимания требуемых конкретных параметров, уравнений и формул.

Все уравнения в подпрограмме запуска ТРК и подпрограмме процесса заправки из приложения Л должны быть реализованы, как указано, и должны следовать порядку расчета, как указано в блок-схемах в приложении К.

Следует обратиться к приложению И для более подробного объяснения структуры и происхождения протокола на основе формулы МС.

Подпрограмма запуска ТРК

Подпрограмма запуска ТРК необходима для определения основных начальных условий, которые используются в подпрограмме процесса заправки. Блок-схема подпрограммы запуска ТРК показана на рисунке К.2.

Л.1.1 Проверка прерывания команды заправки водородом

Раздаточная колонка сначала проверяет, есть ли прерывание из поля данных ИК-связи с именем FC. В случае прерывания ТРК должен завершить процесс запуска. Если команда прерывания отсутствует, ТРК затем проверяет, находится ли температура окружающей среды в заданных пределах.

Л.1.2 Импульс начального давления, проверка на герметичность и определение начального давления СХКВ

Начальный импульс давления уравновешивает давление станции и давление СХКВ. Если используется, процедура проверки на утечку выполняется сразу после начального импульса давления. Если проверка на утечку не удалась, ТРК должен завершить процесс запуска. Если проверка на утечку прошла успешно или процедура проверки на утечку не использовалась, ТРК измеряет начальное давление СХКВ и сохраняет это значение как $P_{initial}$.

Л.1.3 Заправка при холодном ТРК

Если критерии холодной ТРК соблюдены в соответствии с 8.10, то ТРК устанавливает флаговую переменную DC в значение TRUE. Если критерии холодной ТРК не выполняются или заправка из холодной ТРК не используется, ТРК устанавливает флаговую переменную DC в значение FALSE.

Л.1.4 Определение объема СХКВ и категории емкости СХКВ

Затем ТРК определяет объем СХКВ и, исходя из этого, категорию емкости СХКВ $CHSS_{Capacity_Category}$. Категория емкости СХКВ на основе формулы МС определена в 8.2, таблица 9.

$$\begin{aligned} &\text{Если } 49{,}7 \le V_{CHSS} < 99{,}4, \text{ то } CHSS_{Capacity_Category} = A, \\ &\text{если } 99{,}4 \le V_{CHSS} \le 174{,}0, \text{ то } CHSS_{Capacity_Category} = B, \\ &\text{если } 174{,}0 < V_{CHSS} \le 248{,}6, \text{ то } CHSS_{Capacity_Category} = C, \\ &\text{если } V_{CHSS} > 248{,}6, \text{ то } CHSS_{Capacity_Category} = D. \end{aligned} \quad (Л.1)$$

Существует два способа определения объема СХКВ: один для использования при заправке со связью, а другой для заправки без связи.

Л.1.4.1 Объем СХКВ и категория емкости СХКВ при заправке со связью

Если ТРК может использовать TV-сигнал для определения объема СХКВ (см.[1]), то ТРК выбирает категорию емкости СХКВ на основе TV-сигнала и устанавливает флаговую переменную «Индикатор Cons RR» в значение FALSE.

Если ТРК не может использовать TV-сигнал для определения объема СХКВ (см.[1]), а колонка способна измерять объем СХКВ, то проводится измерение объема СХКВ, определяется категория емкости СХКВ и устанавливается переменная указателя «Индикатор Cons RR».

Если колонка не может использовать телевизионный сигнал (см.[1]) для определения объема СХКВ, а колонка способна измерять объем СХКВ, но категория емкости СХКВ не определена, то объем СХКВ не измеряется, а для переменной укакзателя «Индикатор Cons RR» устанавливается значение TRUE. В этом случае будет рассчитываться для всех категорий емкости СХКВ и использоваться наиболее консервативное значение, в результате чего будет получена наиболее консервативная скорость линейного изменения давления.

Если ТРК не может использовать TV-сигнал (см. [1]) для определения объема СХКВ, а колонка не способна измерять объем СХКВ, то измерение объема СХКВ не проводится, категория емкости СХКВ считается неопределенной, а «Индикатор Cons RR» флаговой переменной установлена в TRUE. В этом случае будет рассчитываться для всех категорий емкости СХКВ, и будет использоваться наиболее консервативное значение, в результате чего будет получена наиболее консервативная скорость линейного изменения давления.

Л.1.4.2 Определение объема СХКВ и категории емкости СХКВ при заправке без связи

Если ТРК может измерять объем СХКВ, то измеряется объем СХКВ, определяется категория емкости СХКВ, а для флаговой переменной «Индикатор Cons RR» устанавливается значение FALSE.

Если ТРК не может измерить объем СХКВ или если категория емкости СХКВ не определена, объем СХКВ не измеряется, а флаговая переменная «Индикатор Cons RR» устанавливается в значение TRUE. В этом случае будет рассчитываться для всех категорий емкости СХКВ, и будет использоваться наиболее консервативное значение, в результате чего будет получена наиболее консервативная скорость линейного изменения давления.

Л.1.5 Проверка процесса для начального давления СХКВ

Последним шагом в подпрограмме запуска колонки является проверка того, что начальное давление СХКВ находится в пределах, разрешенных для класса давления колонки. Для класса давления Н70 начальное давление СХКВ должно быть больше или равно 0,5 МПа и меньше или равно 70 МПа. Для класса давления Н35 начальное давление СХКВ должно быть больше или равно 0,5 МПа и меньше или равно 35 МПа.

Л.2 Подпрограмма процесса заправки водородом

После того, как подпрограмма запуска ТРК завершена, ТРК переходит к подпрограмме процесса заправки, как показано на рисунке К.1. Подпрограмма начала процесса заправки используется для инициализации ряда параметров, которые используются на протяжении всего процесса заправки. Подразделы Л.2.1 и Л.2.2 описывают уравнения и процессы, используемые для задания начальных условий для управления скоростью линейного изменения давления (см. Л.2.1 приложения Л) и для управления конечным давлением (см. Л.2.2 приложения Л).

Л.2.1 Подпрограмма инициализации управления PRR

Л.2.1.1 Инициализация параметров с недискреционными настройками

Первым шагом является установка счетчиков временных шагов на ноль. *j* и *i* — два независимых временных шага, используемых в протоколе на основе формулы МС.

Шаг *i* используется для опережающего расчета t_{final} и T_{cold}, как определено в подпрограммах «Расчет t_{final}» (Л.2.4) и «Расчет T_{cold}» (Л.2.5) соответственно. Поскольку эти параметры не изменяются часто, величина изменения относительно мала, а интенсивность вычислений относительно высока, они рассчитываются реже, чем другие параметры управления. Шаг по времени *i* должен составлять 5 с, что означает, что вычисления выполняются каждые 5 с. При желании можно использовать временной шаг менее 5 с, но временной шаг *i* не должен быть короче временного шага *j*.

$$\text{Установите } j = 0. \qquad (Л.2)$$

Временной шаг *j* используется для расчета всех других параметров управления, как определено в подпрограммах «Вычисление среднемассового значения» (Л.2.3), «Расчет PRR и $P_{control}$» (Л.2.6), «Определение целевых значений и пределов давления» (Л.2.6, Л.2.7), «Оценка критериев окончания заполнения» (Л.2.8) и «Проверка процесса» (Л.2.9). Временной шаг *j* должен быть установлен равным 1 с, что означает, что вычисления выполняются каждую секунду.

$$\text{Установите } j = 0. \qquad (Л.3)$$

Счетчик *n* используется для определения точки заполнения, после которой истекло в общей сложности 30 с массового расхода. Счетчик *n* продвигается вперед с той же частотой, что и счетчик временных шагов *j*, но продвигается вперед только при наличии массового расхода. Он используется для определения точки заправки, в которой начинается расчет MAT_{30}.

$$\text{Установите } n = 0. \qquad (Л.4)$$

P_{final} — это параметр, используемый в уравнении скорости линейного изменения давления. Оно представляет собой давление, при котором сценарий заправки в горячих условиях достигнет 85 °С при запуске заполнения от минимального давления P_{min}. Единицей измерения P_{final} является МПа.

$$\text{Установите } P_{final} = 83{,}5. \qquad (Л.5)$$

P_{trans} является параметром, используемым в уравнении управления температурой подачи водорода по средней массе (МАТС). Единицей измерения P_{trans} является МПа.

$$\text{Установите } P_{trans} = \frac{P_{final} + P_{initial}}{2}. \qquad (Л.6)$$

$P_{initial}$ — это измеренное значение из подпрограммы запуска ТРК. P_{min} — минимальный параметр начального давления, при котором t_{final} выводится, как объяснено в И.2.1 и И.2.2. Если $P_{initial} < 5$ МПа, P_{min} составляет 0,5 МПа, а если $P_{initial} \geq 5$ МПа, P_{min} составляет 5 МПа. Единицей измерения для $P_{initial}$ и P_{min} является МПа.

$$\text{Если } P_{initial} < 5 \text{ МПа, то } P_{min} = 0{,}5, \text{ иначе } P_{min} = 5{,}0. \qquad (Л.7)$$

$P_{startup}$ используется для установки начального линейного давления P_{ramp}. Единицей измерения для P_{ramp} является МПа.

Установите $P_{ramp} = P_{startup}$. (Л.8)

RR_{min} — это минимальная расчетная скорость изменения давления на всем протяжении заполнения. Он используется в уравнении для α [уравнение (Л.71)]. Единицей измерения RR_{min} является МПа/с.

Установите $RR_{min} = 1$. (Л.9)

RR_{max} — это максимальная расчетная скорость изменения давления на всем протяжении заполнения. Он используется в уравнении для α [уравнение (Л.71)]. Единицей измерения RR_{max} является МПа/с.

Установите $RR_{max} = 0$. (Л.10)

α представляет собой параметр, который умножается на t_{final} для компенсации нелинейности скорости изменения давления во время заполнения [см. уравнения (Л.58)—(Л.61) и (Л.71)]. Подробное объяснение α см. в И.2.6.1. Чем выше разница между RR_{max} и RR_{min}, тем выше становится α. α вычисляется для каждого временного шага *j*. α — безразмерная величина.

Установите α = 1. (Л.11)

ΔP_{tol_high} — это верхний допуск на линейное давление P_{ramp}. ΔP_{tol_high} — это значение, которое добавляется к P_{ramp} для обеспечения верхнего предельного давления P_{limit_high}, которое не должно превышать давление колонки $P_{station}$ (см. подпрограмму проверки процесса в Л.2.9). ΔP_{tol_low} — нижний допуск на линейное давление P_{ramp}. ΔP_{tol_low} — это значение, которое вычитается из P_{ramp} для получения нижнего предельного давления P_{limit_low}, ниже которого не должно опускаться давление колонки $P_{station}$ (см. подпрограмму проверки процесса в Л.2.9). ΔP_{low} — это параметр, измеряемый в момент времени $t = t_{tol_low}$, который впоследствии используется для пересчета коэффициента β [см. уравнение (Л.72)]. Единицей измерения для ΔP_{tol_high}, ΔP_{tol_low} и ΔP_{low} является МПа.

Установите $\Delta P_{tol_high} = 7$.

Установите $\Delta P_{tol_high} = 2{,}5$. (Л.12)

Установите $\Delta P_{tol_high} = 2{,}5$.

β — это параметр, который умножается на t_{final}, чтобы учесть допуск по давлению ΔP_{tol_high} и ΔP_{tol_low} [см. уравнения (Л.58)—(Л.61)]. Подробное объяснение параметра β см. в И.2.6.2. β вычисляется во время инициализации и снова в момент времени $t = t_{tol_low}$ [см. уравнение (Л.72)]. β — безразмерная величина.

$$\text{Установите } \beta = \frac{P_{final} - P_{min}}{P_{final} - P_{min} - \Delta P_{tol_high} - P_{tol_low}}. \quad (Л.13)$$

TopOff — это переменная логического флага, которая имеет значение TRUE или FALSE. Когда TopOff имеет значение TRUE, скорость линейного изменения давления уменьшается ближе к концу наполнения, чтобы снизить перепад давления между давлением ТРК и давлением СХКВ, чтобы увеличить конечный уровень заряда в СХКВ. Условием, при котором TopOff становится TRUE, является уравнение (Л.74).

Следует обратить внимание, что TopOff является «необязательным», ТРК может принять решение о его реализации или нет.

Установите TopOff = FALSE. (Л.14)

t_{final_min} — минимальное значение для t_{final}. t_{final} обратно пропорциональна скорости изменения давления *PRR*. Следовательно, t_{final_min} также определяет максимально возможную общую (или среднюю) скорость изменения давления. Значение t_{final_min} является функцией категории емкости СХКВ и начального давления $P_{initial}$. Значение t_{final_min} рассчитывается для каждой категории емкости СХКВ, A ($t_{final_min_A}$), B ($t_{final_min_B}$), C ($t_{final_min_C}$) и D ($t_{final_min_D}$). Консервативное значение $t_{final_min_cons}$ также рассчитывается для использования в случаях, когда категория емкости СХКВ не определена. См. И.2.5.1 для более подробного объяснения t_{final_min}. Единицей измерения для t_{final} и t_{final_min} являются секунды.

Установите t_{final_min}.

Если $P_{initial} < 5$ МПа,

то

установите $t_{final_min_A} = 155$,

установите $t_{final_min_B}$ =155,

установите $t_{final_min_C}$ = 222,

установите $t_{final_min_D} = 222 \cdot \left(\frac{V_{CHSS}}{248,6} \right)$, (Л.15)

установите $t_{final_min_cons}$ = 222,

если $P_{initial} \geq 5$ МПа,

тогда установите $t_{final_min_A}$ = 147,

установите $t_{final_min_B}$ =147,

установите $t_{final_min_C}$ = 210,

установите $t_{final_min_D} = 210 \cdot \left(\frac{V_{CHSS}}{248,6} \right)$,

установите $t_{final_min_cons}$ = 210.

В конечном уравнении используются четыре коэффициента: *a*, *b*, *c* и *d*. Каждый коэффициент представляет собой дискретное значение для заданной температуры окружающей среды T_{amb}, определенного объема СХКВ и минимального давления P_{min} (см. И.2.1 и И.2.2 для более подробного объяснения окончательного уравнения и коэффициентов A, B, C и D).

Коэффициенты *a*, *b*, *c* и *d* представлены в наборе справочных таблиц Л.1—Л.16. Таблицы Л.1—Л.8 являются «обычными» таблицами для использования с теплой ТРК, или когда холодная ТРК не соответствует требуемым критериям. Таблицы Л.9—Л.16 предназначены для использования с холодной ТРК и должны использоваться только в том случае, если ТРК соответствует критериям 8.10. Если критерии 8.10 соблюдены, переменная флага холодного ТРК DC устанавливается в значение TRUE в подпрограмме запуска ТРК.

Все цифры в таблицах коэффициентов Л.1—Л.16 являются значимыми.

Таблица Л.1 — Таблица коэффициентов для граничного СХКВ объемом 49,7 л с DC = FALSE и P_{min} = 5

T_{amb}, °C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	–0,773215200	585,8593000	–147183,7300	12270144
45/318,15	0,092771400	–63,4155400	14463,4700	–1100136
40/313,15	0,020384000	–14,0970000	3277,2000	–255773,3
35/308,15	0,009682000	6,4391200	1447,9710	–109965
30/303,15	0,002566160	–1,4393600	270,8600	–17181
25/298,15	–0,000189820	0,4843000	–181,0150	18490
20/293,15	0,000207730	0,1228900	–79,6900	9440
15/288,15	0,001123700	–0,5941270	103,9970	–6043
10/283,15	0,001324770	–0,7799000	156,7300	–10807
5/278,15	0,001945400	–1,2969300	295,9440	–23050
0/273,15	0,000773810	–0,4632950	96,8140	–7106
–10/263,15	0,000775910	–0,4807000	104,1800	–7919
–20/253,15	–0,000672960	0,6098400	–170,1650	15124
–30/243,15	0,000219840	–0,0771380	5,1720	255,7
–40 233,15	0,000232478	–0,0722243	–0,4924	1149

Таблица Л.2 — Таблица коэффициентов для 99,4-литрового граничного СХКВ с DC = FALSE и P_{min} = 5

T_{amb}, °C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	1,1462427	–805,95758	188923,82	–14763290
45/318,15	0,12728894	–88,669728	20627,75	–1602334
40/313,15	0,01362863	–8,260816	1651,2	–108438
35/308,15	0,00459226	—1,80716	112,064	14112
30/303,15	0,000043	1,14407	–526,8	60268
25/298,15	0,00023559	0,7645	–383,873	45116,8
20/293,15	0,00202084	–0,72322	17,42	9783
15/288,15	0,00431385	–2,519	480,38	–29613,4
10/283,15	0,0023259	–1,12621	152,89	–3780
5/278,15	–0,00146812	1,58788	–497,62	48436
0/273,15	0,00411881	–2,69214	590,798	–43511
–10/263,15	0,00337783	–2,15258	458,639	–32638,6
–20/253,15	–0,0035514	3,035924	–837,335	75323
–30/243,15	0,0055517	–3,842547	893,505	–69736
–40/233,15	0,0035207	–2,346046	525,1	–39448

Таблица Л.3 — Таблица коэффициентов для граничного СХКВ объемом 174,0 л с DC = FALSE и P_{min} = 5

T_{amb}, C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	1,1462427	–805,95758	188923,82	–14763290
45/318,15	0,12728894	–88,669728	20627,75	–1602334
40/313,15	0,01362863	–8,260816	1651,2	–108438
35/308,15	0,00459226	–1,80716	112,064	14112
30/303,15	0,000043	1,14407	–526,8	60268
25/298,15	0,00023559	0,7645	–383,873	45116,8
20/293,15	0,00202084	–0,72322	17,42	9783
15/288,15	0,00431385	–2,519	480,38	–29613,4
10/283,15	0,0023259	–1,12621	152,89	–3780
5/278,15	–0,00146812	1,58788	–497,62	48436
0/273,15	0,00411881	–2,69214	590,798	–43511
–10/263,15	0,00337783	–2,15258	458,639	–32638,6
–20/253,15	–0,0035514	3,035924	–837,335	75323
–30/243,15	0,0055517	–3,842547	893,505	–69736
–40/233,15	0,0035207	–2,346046	525,1	–39448

Таблица Л.4 — Таблица коэффициентов для граничного СХКВ объемом 248,6 л с DC = FALSE и P_{min} = 5

T_{amb},°C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,2662904	–182,73827	41776,75	–3181410
45/318,15	0,0584734	–38,19249	8278,407	–594895
40/313,15	0,00617452	–1,37227	–374,704	83913
35 308,15	0,0019644	1,5696	–1061,016	137370
30/303,15	–0,0080091	8,39276	–2620,55	256485
25/298,15	–0,0033995	4,540487	–1572,302	163049
20/293,15	–0,0027867	3,79686	–1325,566	138178
15/288,15	–0,0049967	5,31436	–1676,392	165514,8
10/283,15	–0,00343584	4,01186	–1323,242	134198
5/278,15	0,0016587	–0,0973	–231,264	38359,8
0/273,15	0,006548	–3,9771	786,21	–49965
–10/263,15	–0,0016567	2,24234	–786,47	82675
–20/253,15	0,00326382	–1,4996	160,73	2851
–30/243,15	0,0031083	–1,41579	146,895	3490,2
–40/233,15	0,0027597	–1,1819	94,19	7484,3

Таблица Л.5 — Таблица коэффициентов для граничного СХКВ объемом 49,7 л с DC = FALSE и P_{min} = 5

T_{amb},°C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,5412013	–379,1329	88600,8	–6906304
45/318,15	0,0514442	–36,2126	8535,106	–673023
40/313,15	0,00706393	–4,66896	1048,03	–79773
35/ 308,15	0,0039647	–2,471	526,2	–38342,9
30/303,15	0,00006517	0,2768	–124,63	13392
25/298,15	–0,000478	0,61478	–197,145	18768,7
20/293,15	0,00088071	–0,43825	70,601	–3667,7
15 288,15	0,0011843	–0,69919	141,59	–9904
10/283,15	0,0018624	–1,237747	281,67	–21903
5/278,15	0,00186084	–1,29269	307,125	–24858
0/273,15	0,00008452	0,01345	–14,392	1605
–10/263,15	0,0001608	–0,0477	1,0987	340,2
–20/253,15	0,0001541	–0,04517	0,4927	419
–30/243,15	0,000157	–0,05101	2,169	303,34
–40/233,15	0,00002187	–0,00238	1,133	–365,2

Таблица Л.6 — Таблица коэффициентов для 99,4-литрового граничного СХКВ с DC = FALSE и P_{min} = 5

T_{amb}, °C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,4522741	–318,7519	74944,26	–5877949
45/318,15	0,0416164	–28,22393	6406,944	–486773
40/313,15	0,0008569	0,6705	–436,37	54608
35/308,15	–0,00120471	2,096348	–767,206	80352,9
30/303,15	0,0004433	0,61375	–347,6567	42215
25/298,15	0,00260556	–1,1645	127,14	756
20/293,15	0,00135946	–0,366034	–44,804	13224,7
15/288,15	0,00347128	–2,03413	389,029	–24028,4
10/283,15	0,00439055	–2,7963	594,36	–42132,7
5/278,15	–0,00780848	6,28166	–1661,04	144902
0/273,15	0,00408545	–2,78004	636,37	–48976
–10/263,15	–0,00087722	0,95603	–302,221	29691,8
–20/253,15	0,00056196	–0,1596	–15,1666	5153
–30/243,15	0,00059066	–0,198721	–1,922	3825,4
–40/233,15	0,0006335	–0,23966	9,6234	2816

Таблица Л.7 — Таблица коэффициентов для граничного СХКВ объемом 174,0 л с DC = FALSE и P_{min} = 5

T_{amb}, °C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,44703053	–319,4646	76166,61	–6057967
45/318,15	0,0243003	–14,3591	2740,5	–166210
40/313,15	0,02419946	–15,509441	3293,4	–231338,6
35/308,15	0,02431024	–15,70205	3364,745	–238911,2
30/303,15	0,0210368	–13,8062	3013,98	–218715
25/298,15	0,02611283	–17,860686	4078,3	–310812
20/293,15	0,00590649	–3,22952	542,579	–25683,4
15/288,15	0,01086815	–7,097156	1540,516	–111017,8
10/283,15	0,019704	–13,7608	3211,4	–250363,6
5/278,15	0,00069773	0,23241	–226,89	31553
0/273,15	0,01021522	–7,11209	1656,445	–129000
–10/263,15	0,0106218	–7,448146	1747,1	–137025,6
20/253,15	0,00934097	–6,515163	1519,8187	–118515
–30/243,15	–0,00115032	1,418468	480,926	49735
–40/233,15	–0,0008313	1,1738	–419,7	44726,6

Таблица Л.8 — Таблица коэффициентов для 248,6-литрового граничного СХКВ с DC = FALSE и P_{min} = 5

T_{amb},°C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,17459569	–120,800282	27872,643	–2144558
45/318,15	0,0128136	–5,564232	492,34	25487
40/313,15	0,0020037	1,14502	–873,35	116180
35/308,15	–0,00153372	3,66264	–1471,974	163728,8
30/303,15	0,0044367	–1,258945	–146,17	46458
25/298,15	–0,000686	2,2684	–960,344	109488,2
20/293,15	–0,0022991	3,2481	–1156,191	122351
15/288,15	0,000566	0,9	–524,75	66435,6
10/283,15	0,00919033	–5,756565	1181,764	–78949
5/278,15	0,00288917	–1,1815	69,4	11606
0/273,15	0,0025998	–1,1628	110,06	4757
–10/263,15	0,00247675	–1,11031	106,038	4395,6
–20/253,15	0,0024533	–1,12972	119,393	2628
–30/243,15	0,00261086	–1,19564	120,97	3886,8
–40/233,15	0,0074823	–4,800655	1007,894	–68651

Таблица Л.9 — Холодная ТРК. Таблица коэффициентов для СХКВ объемом 49,7 л с DC = TRUE и P_{min} = 0,5

T_{amb},°C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,5003696	–353,4108	83238,994	–6537335
45/318,15	0,042544	–29,73507	6955,086	–544154
40/313,15	0,00554388	–3,37733	686,56	–46538
35/308,15	0,00355474	–1,9946	365,366	–21613
30/303,15	0,00152269	–0,66906	75,946	–460
25/298,15	0,00125052	–0,574657	74,7	–1871,6
20/293,15	0,00143918	–0,7887	142,724	–8504
15/288,15	0,00210174	–1,32335	283,553	–20684,6
10/283,15	0,0021646	–1,4102	313,411	–23733
5/278,15	0,00191225	–1,27565	291,134	–22670,5
0/273,15	0,00077381	–0,463295	96,814	–7106
–10/263,15	0,00077591	–0,4807	104,18	–7919
–20/253,15	0,00020697	–0,05851	–0,972	848,7
–30/243,15	0,00021984	–0,077138	5,172	255,7
–40/233,15	0,00023248	–0,0722243	–0,4924	1149

Таблица Л.10 — Холодная ТРК. Таблица коэффициентов для СХКВ на 99,4 л с DC = TRUE и P_{min} = 0,5

T_{amb}, °C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,9687701	–690,801	164236,563	–13018382,8
45/318,15	0,0566422	–38,515	8742,2	–662298
40/313,15	0,01060865	–6,09423	1122,283	–64669,1
35/308,15	0,00587212	–2,75385	336,242	–2956
30/303,15	0,00420311	–1,90616	212,224	1018,3
25/298,15	0,00442132	–2,31857	368,586	–15797
20/293,15	0,00510249	–3,00313	576,603	–35728,4
15/288,15	0,00469629	–2,8143	554,4147	–35679
10/283,15	0,00193625	–0,834954	79,237	2496
5/278,15	0,0039197	–2,448	509,32	–35250,8
0/273,15	0,00411665	–2,69058	590,425	–43481,4
–10/263,15	0,00338305	–2,156543	459,642	–32723,2
–20/253,15	–0,0046816	3,8971	–1055,91	93801,8
–30/243,15	0,0055517	–3,84255	893,506	–69736
–40/233,15	0,0035207	–2,346046	525,1	–39448

Таблица Л.11 — Холодная ТРК. Таблица коэффициентов для СХКВ объемом 174,0 л с DC = TRUE и P_{min} = 0,5

T_{amb}, °C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,6662714	–475,11105	112976,363	–8957980
45/318,15	0,06999041	–46,99349	10507,25	–782122
40/313,15	0,04451	–29,9278	6705,56	–500516
35/308,15	0,0350106	–23,108694	5073,096	–370192,5
30/303,15	0,03142684	–21,0506	4698,94	–349426
25/298,15	0,02840683	–19,237836	4346,643	–327562,5
20/293,15	0,025896	–17,6966	4037,7	–307499,2
15/288,15	0,01302785	–8,47722	1834,54	–131901
10/283,15	0,00974828	–6,17516	1294,175	–89485
5/278,15	0,0051173	–2,92573	531,74	–29664
0/273,15	0,0087316	–5,79951	1286	–95135,2
–10/263,15	0,0098242	–6,642391	1501,12	–113325
–20/253,15	0,01035215	–7,06227	1610,78	–122763
–30/243,15	0,0065708	–4,2513	913,16	–64975
–40/233,15	0,00257318	–1,27955	175,8	–3921

Таблица Л.12 — Холодная ТРК. Таблица коэффициентов для СХКВ объемом 248,6 л с DC = TRUE и P_{min} = 0,5

T_{amb}, °C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,224659	–155,053	35663,1	–2733398,6
45/318,15	0,0424084	–26,38949	5375,542	–356045
40/313,15	0,00767545	–2,48003	–109,735	63339
35/308,15	–0,0060228	7,57232	–2569,99	264147
30/303,15	–0,0031548	4,8039	–1740,749	184922
25/298,15	0,000358	1,75584	–887,716	107185
20/293,15	–0,0062946	6,48235	–2012,528	196854
15/288,15	–0,00883637	8,21091	–2405,888	226828
10/283,15	–0,00368842	4,17696	–1359,133	136786
5/278,15	0,0021689	–0,481	–135,46	30413
0/273,15	0,006548	–3,9771	786,21	–49965
–10/263,15	–0,0016567	2,24234	–786,47	82675
–20/253,15	0,00326382	–1,4996	160,73	2851
–30/243,15	0,0031083	–1,41579	146,895	3490,2
–40/233,15	0,0027597	–1,1819	94,19	7484,3

Таблица Л.13 — Холодная ТРК. Таблица коэффициентов для СХКВ объемом 49,7 л с DC = TRUE и P_{min} = 0,5

T_{amb}, °C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,308322	–222,299	53466,2	–4289070
45/318,15	0,0131114	–8,729216	1952,33	–146631
40/313,15	0,0009067	–0,16645	–57,85	11214,8
35/308,15	0,00083135	–0,15323	–52,138	10112
30/303,15	0,0011923	–0,538035	66,706	–1278
25/298,15	0,00179313	–1,06327	212,61	–14379
20/293,15	0,00189269	–1,194744	256,796	–18812,2
15/288,15	0,0018112	–1,17689	261,384	–19832,66
10/283,15	0,00155155	–1,014717	227,605	–17492,4
5/278,15	0,0018946	–1,322	315,15	–25569
0/273,15	0,00008452	0,01345	–14,392	1605
–10/263,15	0,0001608	–0,0477	1,0987	340,2
–20/253,15	0,0001541	–0,04517	0,4927	419
–30/243,15	0,000157	–0,05101	2,169	303,34
–40/233,15	0,00002187	–0,00238	1,133	–365,2

Таблица Л.14 — Холодная ТРК. Таблица коэффициентов для СХКВ объемом 99,4 л с DC = TRUE и P_{min} = 0,5

T_{amb}, °C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,24854436	–176,1897	41674,45	–3288765
45/318,15	0,0177394	–10,85412	2178,823	–142643
40/313,15	0,0051423	–2,46973	320,1	–5418
35/308,15	0,003695	–1,490055	99,04	11208
30/303,15	0,0054339	–3,064446	549,824	–30364
25/298,15	0,00387363	–2,096993	351,604	–6971
20/293,15	0,00451234	–2,71847	537,32	–34594
15/288,15	0,00518451	–3,3236	710,6	–50631
10/283,15	0,0052048	–3,4158	750,332	–55148
5/278,15	–0,00591136	4,8539	–1303,33	115059
0/273,15	0,00411386	–2,8016	641,824	–49435,9
–10/263,15	–0,00086939	0,9501	–300,729	29567
–20/253,15	0,0007818	–0,326638	27,1244	1585
–30/243,15	0,00071957	–0,296622	22,858	1735
–40/233,15	0,0007854	–0,35504	38,83	352,2

Таблица Л.15 — Холодная ТРК. Таблица коэффициентов для СХКВ объемом 174,0 л с DC = TRUE и P_{min} = 0,5

T_{amb}, °C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,16079266	–111,07096	25580,75	–1964148
45/318,15	0,09771	–67,88782	15733,43	–1216166
40/313,15	0,0401005	–27,2827	6188,9	–467989,8
35/308,15	0,0376002	–25,5509	5789,08	–437223,6
30/303,15	0,03626885	–25,04764	5773,3	–444042
25/298,15	0,007091	–3,8635	642,12	–29429
20/293,15	0,01050209	–6,67089	1398,784	–96493
15/288,15	0,01252871	–8,349878	1853,77	–137006,5
10/283,15	0,0126522	–8,5783	1941,24	–146558,4
5/278,15	0,01155257	–7,953264	1829,8477	–140639
0/273,15	0,01025578	–7,1429	1664,24	–129657
–10/263,15	0,0106099	–7,43914	1744,83	–136835
–20/253,15	0,00935027	–6,52224	1521,61	–118666
–30/243,15	0,0015371	–0,62249	35,674	6154
–40/233,15	0,001586	–0,7024	65,626	2886,6

Таблица Л.16 — Холодная ТРК. Таблица коэффициентов для СХКВ объемом 248,6 л с DC = TRUE и P_{min} = 0,5

T_{amb}, °C/K	*a*	*b*	*c*	*d*
50/323,15	0,13039754	–89,40084	20422,852	–1554315,5
45/318,15	0,02685119	–16,04746	3089,05	–187994
40/313,15	0,00108558	1,8785	–1074,64	134902,5
35/308,15	–0,0001017	2,6552	–1242,473	146855
30/303,15	0,00356175	–0,55124	–340,15	64331,6
25/298,15	–0,00362681	4,5323	–543,93	159800
20/293,15	0,0037787	–1,32835	–9,997	26839
15/288,15	0,0056244	–2,909158	429,72	–13164
10/283,15	0,01180977	–7,73242	1677,6	–120356
5 /278,15	0,00307266	–1,32414	105,95	8512,9
0/273,15	0,0025998	–1,1628	110,06	4757
–10/263,15	0,00247675	–1,11031	106,038	4395,6
–20/253,15	0,0024533	–1,12972	119,393	2628
–30/243,15	0,00022912	–0,037312	–4,279	1,4
–40/233,15	0,00022921	–0,04172	–3,18	–6

Для каждого рассматриваемого объема СХКВ — 49,7, 99,4, 174,0 и 248,6 л рассчитывают набор коэффициентов t_{final}, исходя из измеренных температуры окружающей среды T_{amb} и минимального давления P_{min}. Первым шагом в этом процессе расчета является выбор соответствующих коэффициентов *a, b, c* и *d* из таблицы коэффициентов (таблицы Л.1—Л.8 или таблицы Л.9—Л.16). Для каждой границы СХКВ имеются две таблицы коэффициентов: одна для P_{min} = 0,5 МПа, другая для P_{min} = 5 МПа.

Алгоритм выбора таблицы коэффициентов при нормальной (CD = FALSE) либо холодной (CD = TRUE) заправках определяют по (Л.16) и (Л.17).

Выбор коэффициентов t_{final} при стандартной заправке

СХКВ 49,7 л → если P_{min} = 0,5 МПа, см. таблицу Л.1, а если P_{min} = 5 МПа — см. таблицу Л.5,
СХКВ 99,4 л → если P_{min} = 0,5 МПа, см. таблицу Л.2, а если P_{min} = 5 МПа — см. таблицу Л.6, (Л.16)
СХКВ 174,0 л → если P_{min} = 0,5 МПа, см. таблицу Л.3, а если P_{min} = 5 МПа — см. таблицу Л.7,
СХКВ 248,6 л → если P_{min} = 0,5 МПа, см. таблицу Л.4, а если P_{min} = 5 МПа — см. таблицу Л.8.

Выбор коэффициентов t_{final} при холодной заправке (CD = TRUE)

СХКВ 49,7 л → если P_{min} = 0,5 МПа, см. таблицу Л.9, а если P_{min} = 5 МПа — см. таблицу Л.13,
СХКВ 99,4 л → если P_{min} = 0,5 МПа, см. таблицу Л.10, а если P_{min} = 5 МПа — см. таблицу Л.14, (Л.17)
СХКВ 174,0 л → если P_{min} = 0,5 МПа, см. таблицу Л.11, а если P_{min} = 5 МПа — см. таблицу Л.15,
СХКВ 248,6 л → если P_{min} = 0,5 МПа, см. таблицу Л.12, а если P_{min} = 5 МПа — см. таблицу Л.16.

После определения таблицы для каждой границы СХКВ на основе температуры окружающей среды T_{amb} следует найти два набора коэффициентов: один набор для значения температуры непосредственно выше T_{amb}, а другой набор для значения температуры непосредственно ниже T_{amb}. Для каждой таблицы коэффициентов выбрать коэффициенты *a, b, c* и *d* непосредственно выше и непосредственно ниже измеренной температуры окружающей среды T_{amb}.

Следующим шагом является интерполяция коэффициентов на основе фактической температуры окружающей среды T_{amb}, чтобы получить окончательный набор коэффициентов для каждой границы СХКВ. Например, если фактическая измеренная температура окружающей среды составляет 32 °С, то выполняется интерполяция между коэффициентами при 35 °С и 30 °С. Уравнения интерполяции для граничных коэффициентов СХКВ объемами 49,7, 99,4, 174,0, 248,6 л приведены в (Л.18)—(Л.21).

Уравнение интерполяции при объеме СХКВ 49,7 л

$$a_{49,7} = a\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[a\left(T_{amb_above}\right) - a\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$b_{49,7} = b\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[b\left(T_{amb_above}\right) - b\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]}, \quad (Л.18)$$

$$c_{49,7} = c\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[c\left(T_{amb_above}\right) - c\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$d_{49,7} = d + \frac{\left[d\left(T_{amb_above}\right) - d\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]}.$$

Уравнение интерполяции при объеме СХКВ 99,4 л

$$a_{99,4} = a\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[a\left(T_{amb_above}\right) - a\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$b_{99,4} = b\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[b\left(T_{amb_above}\right) - b\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]}, \quad (Л.19)$$

$$c_{99,4} = c\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[c\left(T_{amb_above}\right) - c\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$d_{99,4} = d + \frac{\left[d\left(T_{amb_above}\right) - d\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]}.$$

Уравнение интерполяции при объеме СХКВ 174,0 л

$$a_{174,0} = a\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[a\left(T_{amb_above}\right) - a\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$b_{174,0} = b\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[b\left(T_{amb_above}\right) - b\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]}, \quad (Л.20)$$

$$c_{174,0} = c\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[c\left(T_{amb_above}\right) - c\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$d_{174,0} = d + \frac{\left[d\left(T_{amb_above}\right) - d\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]}.$$

Уравнение интерполяции при объеме СХКВ 248,6 л

$$a_{248,6} = a\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[a\left(T_{amb_above}\right) - a\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$b_{248,6} = b\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[b\left(T_{amb_above}\right) - b\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]}, \quad (Л.21)$$

$$c_{248,6} = c\left(T_{amb_below}\right) + \frac{\left[c\left(T_{amb_above}\right) - c\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$d_{248,6} = d + \frac{\left[d\left(T_{amb_above}\right) - d\left(T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]}.$$

Л.2.1.2 Инициализация параметров с произвольными настройками

Настройки параметров в данном пункте определяют по усмотрению изготовителя ТРК в предусмотренных допустимых пределах. При установке этих параметров разрешается действовать так, чтобы производитель ТРК мог настроить или оптимизировать некоторые аспекты формулы МС в соответствии с конструкцией ТРК и его рабочими характеристиками. Эти характеристики могут включать в себя точность регулирования давления, способность ТРК поддерживать самые высокие скорости изменения давления, характеристики системы предварительного охлаждения и их влияние на скорость изменения и стабильность температуры подачи водорода и т. д.

PRR_{CAP_Factor} — это настраиваемый параметр, используемый при расчете PRR_{CAP}, который обеспечивает ограничение максимальной мгновенной скорости изменения давления во время заполнения. PRR_{CAP_Factor} используется в «Подпрограмме расчета *PRR* и $P_{control}$», см. уравнение (Л.73). На *PRR* накладывается ограничение, чтобы гарантировать, что максимальная скорость потока не будет превышена, и предотвратить слишком большое значение α, которое фактически может привести к увеличению общего времени заполнения. PRR_{CAP} является функцией PRR_{CAP_Factor}, P_{final}, $P_{\min}$ и $t_{final_\min}$. Подробное объяснение PRR_{CAP} — см. в И.2.5.2.

Для PRR_{CAP_Factor} может быть установлено любое значение от 0,9 до 1,1. Изготовитель колонки должен выбрать параметр PRR_{CAP_Factor}, исходя из способности колонки поддерживать давление на станции в пределах коридора давления ниже максимального *PRR*. Для достижения наилучших возможных характеристик заправки изготовитель ТРК должен использовать максимальное значение PRR_{CAP_Factor}, которое по-прежнему позволяет ТРК поддерживать давление на станции в пределах коридора давления при максимальном *PRR* и ожидаемой емкости СХКВ транспортного средства. В таблице Л.17 показано влияние настройки PRR_{CAP_Factor} на значение PRR_{CAP} для категорий емкости СХКВ A, B, C и в случае, когда категория емкости СХКВ не определена.

Таблица Л.17 — Влияние настройки PRR_{CAP_Factor} на максимальную скорость изменения давления PRR_{CAP}

PRR_{CAP_Factor}	PRR_{CAP}							
	Емкость СХКВ A		Емкость СХКВ B		Емкость СХКВ C		Неопределенная емкость СХКВ	
	МПа/с	МПа/мин	МПа/с	МПа/мин	МПа/с	МПа/мин	МПа/с	МПа/мин
0.9	0,48	28,8	0,48	28,8	0,34	20,2	0,34	20,2
1.0	0,53	32	0,53	32	0,37	22,4	0,37	22,4
1.1	0,59	35,2	0,59	35,2	0,41	24,7	0,41	24,7

$$0{,}9 \le PRR_{CAP_Factor} \le 1{,}1.$$

Установите PRR_{CAP_Factor}. (Л.22)

ΔP_{offset} — параметр, используемый для определения контрольного давления ТРК $P_{control}$. Контрольное давление $P_{control}$ определяется как давление, на которое ориентируется ТРК в любой момент времени. Другими словами, контрольное давление — это управляющий параметр, которому следует колонка при управлении давлением на станции $P_{station}$. $P_{control}$ определяется как смещение от P_{ramp}. ΔP_{offset} инициализируется в этой подпрограмме, однако оно не обязательно должно быть константой и, следовательно, может изменяться во время заполнения. Изготовитель колонки должен определить соответствующее значение смещения, исходя из характеристик управления колонкой. Большее смещение приводит к сокращению времени заправки, но обеспечивает меньший запас между $P_{control}$ и P_{limit_high}. Подробное объяснение см. в И.2.7. Для ΔP_{offset} может быть установлено любое значение от 0 до 7. Единицей измерения для $P_{control}$, P_{ramp} и ΔP_{offset} является МПа.

$$0 \le \Delta P_{offset} \le 7.$$

Установите ΔP_{offset}. (Л.23)

Установите $P_{control} = P_{ramp} + \Delta P_{offset}$. (Л.24)

$MAT_{expected}$ — ожидаемая среднемассовая температура подачи водорода в конце заправки. Ожидаемая *MAT* определяется производителем колонки на основе характеристик используемой системы предварительного охлаждения. Например, $MAT_{expected}$ может быть функцией заданной температуры системы предварительного ох-

лаждения и температуры окружающей среды. Альтернативно $MAT_{expected}$ может быть установлена на среднюю точку категории температуры подачи водорода (например, для станции Т30 $MAT_{expected}$ может быть установлена на 243,65 К). $MAT_{expected}$ используется только в течение первых 30 с массового расхода, когда он является входом в уравнение MAT_C [уравнение (Л.53)].

Изготовитель колонки может выбрать любое значение ожидаемой *MAT* между 237,15 К и 255,65 К (см. И.2.4 для более подробного объяснения ожидаемой *MAT*). Единицы для $MAT_{expected}$ — К.

$$237{,}15 \le MAT_{expected} \le 255{,}65.$$

Установите $MAT_{expected}$. (Л.25)

Л.2.2 Конечная подпрограмма инициализации контроля давления

Эта подпрограмма разделена на две части, описанные в Л.2.2.1 и Л.2.2.2, в зависимости от метода контроля конечного давления, выбранного изготовителем колонки. Пункт Л.2.2.1 применим только к использованию таблиц конечного давления для контроля конечного давления. Пункт Л.2.2.2 применим только к методу MC для конечного контроля давления.

Л.2.2.1 Инициализация контроля конечного давления — таблицы конечного давления

Таблицы конечного давления приведены в приложении М. Эти таблицы используются для расчета целевых значений давления без связи и предельных значений давления связи. Целевое давление связи также рассчитывается на основе измеренной СХКВ температуры МТ. Предельное значение коммуникационного давления используется в качестве вторичного средства защиты для ограничения переполнения в случае сбоя в измеренной СХКВ температуре МТ, что приводит к неправильному целевому коммуникационному давлению.

Л.2.2.1.1 Целевое давление при заправке без связи

Целевые значения давления при заправке без связи рассчитываются для трех категорий температуры подачи водорода, Т40, Т30 и Т20, а также для трех категорий емкости СХКВ A, B и C (всего девять значений целевого давления), за исключением случаев, когда категория емкости СХКВ — D (в этом случае значения для категорий емкости СХКВ A, B и C не требуются). Значение целевого давления рассчитывается для каждой из этих категорий во время подпрограммы инициализации контроля конечного давления для последующего использования в подпрограмме оценки критериев окончания заполнения (см. Л.2.8). Причина, по которой целевое давление рассчитывается для каждой из этих категорий, заключается в том, что категория температуры подачи водорода и, возможно, категория емкости СХКВ могут меняться по мере заполнения. Таким образом, необходимо заранее определить целевое давление для каждой из этих категорий, чтобы оно было доступно и могло использоваться в подпрограмме оценки критериев конца заполнения на основе определения в реальном времени категории температуры подачи водорода и категории емкости СХКВ.

Целевые значения давления заправки без связи рассчитываются с использованием интерполяции по справочным таблицам целевых показателей давления без связи (таблицы М.1—М.19). Визуальное представление процесса интерполяции — см. пример Б в приложении Ж. Вычисления интерполяции представлены математически в уравнении (Л.26).

Уравнение (Л.26) используется для выполнения интерполяции, необходимой для расчета фактических целевых значений давления без связи с использованием входных данных температуры окружающей среды T_{amb} и начального давления $P_{initial}$. В уравнении (Л.26) $P_{initial_below}$ представляет значение $P_{initial}$ в таблице непосредственно под фактическим начальным давлением $P_{initial}$, а $P_{initial_above}$ представляет значение $P_{initial}$ в таблице непосредственно над начальным давлением $P_{initial}$. В уравнении (Л.26) T_{amb_below} представляет значение T_{amb} в таблице непосредственно под фактической температурой окружающей среды T_{amb}, а T_{amb_above} представляет значение T_{amb} в таблице непосредственно над фактической температурой окружающей среды T_{amb}. P_{table} представляет фактическое целевое значение давления в таблице в точках $P_{initial_above}$ или $P_{initial_below}$ и T_{amb_above} или T_{amb_below}. Если $P_{initial}$ < 5 МПа, то интерполяция проводится только по температуре окружающей среды с использованием табличного значения для P < 5 (т. е. P_{below} и P_{above} не рассчитывают).

Например, в таблице М.1 P_{table} (20,30) = 74,6 МПа, где 20 представляет $P_{initial_above}$ или $P_{initial_below}$, а 30 представляет T_{amb_above} или T_{amb_below}. В уравнении (Л.26) P_{below} представляет собой промежуточное вычисление, представляющее целевое значение давления ниже после интерполяции T_{amb}, а P_{above} представляет собой промежуточное вычисление, представляющее целевое значение давления выше после интерполяции T_{amb}. Окончательное значение $P_{target_non_comm}$ является результатом интерполяции P_{below} и P_{above} на $P_{initial}$.

Уравнение интерполяционного нахождения целевого давления заправки без связи:

Если $P_{initial} \ge 5$ МПа, (Л.26)

тогда

$$P_{below} = P_{table}\left(P_{initial_below}, T_{amb_below}\right) + \frac{\left[P_{table}\left(P_{initial_below}, T_{amb_below}\right) - P_{table}\left(P_{initial_below}, T_{amb_below}\right) \cdot \left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$P_{above} = P_{table}\left(P_{initial_above}, T_{amb_below}\right) + \frac{\left[P_{table}\left(P_{initial_above}, T_{amb_above}\right) - P_{table}\left(P_{initial_above}, T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$P_{target_non_comm} = P_{below} + \frac{\left[P_{above} - P_{below}\right]\cdot\left[P_{initial} - P_{initial_below}\right]}{\left[P_{initial_above} - P_{initial_below}\right]},$$

и

если $P_{initial} < 5$ МПа,

то

$$P_{target_non_comm} = P_{table}\left(P < 5, T_{amb_below}\right) + \frac{\left[P_{table}\left(P < 5, T_{amb_above}\right) - P_{table}\left(P < 5, T_{amb_below}\right)\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]}.$$

В качестве примера рассмотрим таблицу К.1, где $P_{initial}$ = 23 МПа и T_{amb} = 32 °С. В этом случае $P_{initial_below}$ = = 20, $P_{initial_above}$ = 30, T_{amb_below} = 30 и T_{amb_above} = 35. $P_{target_non_comm}$ вычисляют следующим образом:

$$P_{below} = 74{,}6 + \frac{\left[75{,}4 - 74{,}6\right]\cdot\left[32 - 30\right]}{\left[35 - 30\right]} = 74{,}9,$$

$$P_{above} = 73{,}9 + \frac{\left[74{,}9 - 73{,}9\right]\cdot\left[32 - 30\right]}{\left[35 - 30\right]} = 74{,}3,$$

$$P_{target_non_comm} = 74{,}9 + \frac{\left[74{,}3 - 74{,}9\right]\cdot\left[23 - 20\right]}{\left[30 - 20\right]} = 74{,}7.$$

Уравнение (Л.26) используют для расчета целевого давления без связи для каждой категории температуры подачи водорода и для каждой категории емкости СХКВ. Уравнения (Л.27) и (Л.28) используют для определения соответствующей таблицы целевых показателей давления без связи, которая будет использоваться для расчета каждого из этих целевых показателей давления. Таблицы целевых давлений определяют исходя из категории емкости СХКВ (A, B, C) и категории температуры подачи водорода (T40, T30, T20).

Для класса давления H35 и для H70 без связи заправка холодной заправкой не применяется.

Если категория емкости СХКВ равна D, нет необходимости рассчитывать целевые показатели некоммуникационного давления для категорий емкости СХКВ A, B и C. В случае категории емкости СХКВ D существует только одна — коммуникационная таблица целевых значений давления, которая применима ко всем категориям температуры подачи водорода.

Выбор таблицы целевого давления заправки без связи при H70

Для категорий СХКВ A, B и C:

В случае H70, использовать таблицу К.1 для вычисления $P_{target_non_comm_T40_A}$,
В случае H70, использовать таблицу К.2 для вычисления $P_{target_non_comm_T40_B}$,
В случае H70, использовать таблицу К.3 для вычисления $P_{target_non_comm_T40_C}$,
В случае H70, использовать таблицу К.4 для вычисления $P_{target_non_comm_T30_A}$, (Л.27)
В случае H70, использовать таблицу К.5 для вычисления $P_{target_non_comm_T30_B}$,
В случае H70, использовать таблицу К.6 для вычисления $P_{target_non_comm_T30_C}$,
В случае H70, использовать таблицу К.7 для вычисления $P_{target_non_comm_T20_A}$,
В случае H70, использовать таблицу К.8 для вычисления $P_{target_non_comm_T20_B}$,
В случае H70, использовать таблицу К.9 для вычисления $P_{target_non_comm_T20_C}$.

Для категории СХКВ D:

В случае H70 и CD=FALSE, использовать таблицу К.10 для вычисления $P_{target_non_comm_T20_D}$

Выбор таблицы целевого давления заправки без связи при H35

В случае H35, использовать таблицу К.11 для вычисления $P_{target_non_comm_T40_A}$,
В случае H35, использовать таблицу К.12 для вычисления $P_{target_non_comm_T40_B}$,
В случае H35, использовать таблицу К.13 для вычисления $P_{target_non_comm_T40_C}$,
В случае H35, использовать таблицу К.14 для вычисления $P_{target_non_comm_T30_A}$,

В случае H35, использовать таблицу К.15 для вычисления $P_{target_non_comm_T30_B}$, (Л.28)
В случае H35, использовать таблицу К.16 для вычисления $P_{target_non_comm_T30_C}$,
В случае H35, использовать таблицу К.17 для вычисления $P_{target_non_comm_T20_A}$,
В случае H35, использовать таблицу К.18 для вычисления $P_{target_non_comm_T20_B}$,
В случае H35, использовать таблицу К.19 для вычисления $P_{target_non_comm_T20_C}$.

Л.2.2.1.2 Целевое давление заправки со связью

Целевое давление заправки со связью рассчитывается непрерывно во время заполнения, на основе целевой плотности заполнения 40,2 г/л для класса давления H70 и 24,0 г/л для класса давления H35. Однако целевое значение давления может быть уменьшено с учетом допуска датчика. Величина снижения целевого уровня заряда для допуска датчика определяется производителем колонки. Параметр SOC_{target} используется для определения целевого уровня заряда, где SOC_{target} = 100 представляет целевую плотность 40,2 г/л для класса давления H70 и 24,0 г/л для класса давления H35. Заполнение связи должно достигать окончательного уровня заряда в СХКВ не менее 95 % и не более 100 %. Таким образом, SOC_{target} должен быть установлен между 95 и 100, где значение 95 соответствует 95 %-ному уровню заряда, а значение 100 соответствует 100 %. Единицей измерения для SOC_{target} является процент (%).

Установите SOC_{target}. (Л.29)

Л.2.2.1.3 Пределы давления при заправке со связью

Предел давления при заправке со связью обозначается как P_{limit_comm}. Это предельное значение давления используется в качестве вторичного средства защиты для ограничения переполнения в случае сбоя в измеренной СХКВ температуре МТ, что приводит к неправильному целевому давлению связи. Предельные значения давления рассчитываются для трех категорий температуры подачи водорода, T40, T30 и T20, а также для трех категорий емкости СХКВ A, B и C, всего для девяти предельных значений давления связи, за исключением случаев, когда категория емкости СХКВ D (в этом случае целевые значения давления для категорий емкости СХКВ A, B и C не требуются). Предел давления рассчитывается для каждой из этих категорий во время подпрограммы инициализации контроля конечного давления для использования позже в подпрограмме оценки конца заполнения (Л.2.8). Причина, по которой предел давления рассчитывается для каждой из этих категорий, заключается в том, что категория температуры подачи водорода и, возможно, категория емкости СХКВ могут меняться по мере заполнения. Таким образом, необходимо заранее определить предел давления для каждой из этих категорий, чтобы он был доступен и мог использоваться в подпрограмме оценки критериев конца заполнения на основе определения в реальном времени категории температуры подачи водорода и категории емкости СХКВ.

Пределы коммуникационного давления рассчитываются с использованием интерполяции по справочным таблицам предельных коммуникационных давлений, таблицы М.20—М.49. Визуальное представление процесса интерполяции — см. пример Б приложения Ж. Вычисления интерполяции представлены математически в уравнении (Л.30).

Уравнение (Л.30) используют для проведения интерполяции, необходимой для расчета фактических пределов давления связи с использованием входных данных температуры окружающей среды T_{amb} и начального давления $P_{initial}$. В уравнении (Л.30) $P_{initial_below}$ представляет значение $P_{initial}$ в таблице непосредственно под фактическим начальным давлением $P_{initial}$, а $P_{initial_above}$ представляет собой значение $P_{initial}$ в таблице непосредственно над начальным давлением $P_{initial}$. В уравнении (Л.30) T_{amb_below} представляет значение T_{amb} в таблице непосредственно под фактической температурой окружающей среды T_{amb}, а T_{amb_above} представляет значение T_{amb} в таблице непосредственно над фактической температурой окружающей среды T_{amb}. P_{table} представляет фактическое предельное значение давления в таблице в точках $P_{initial_above}$ или $P_{initial_below}$ и T_{amb_above} или T_{amb_below}. Если $P_{initial}$ < 5 МПа, то интерполяция проводится только по температуре окружающей среды с использованием табличного значения для P < 5 (т. е. P_{below} и P_{above} не рассчитывают).

Например, в таблице М.20 P_{table} (20, 30) = 85,7 МПа, где 20 представляет Начальное_выше или Начальное_ниже, а 30 представляет T_{amb_above} или T_{amb_below}. P_{below} является промежуточным расчетом, представляющим нижнее предельное значение давления после интерполяции по T_{amb}, а P_{above} является промежуточным расчетом, представляющим указанное выше предельное значение давления после интерполяции по T_{amb}. Окончательное значение P_{limit_comm} является результатом интерполяции P_{below} и P_{above} на $P_{initial}$.

Расчет предельных значений давления при заправке со связью

если $P_{intial} \geq 5$ МПа,
тогда

$$P_{below} = P_{table}\left(P_{initial_below}, T_{amb_below}\right) + \frac{\left[P_{table}\left(P_{initial_below}, T_{amb_above}\right) - P_{table}\left(P_{initial_below}, T_{amb_below}\right)\right]\cdot\left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$P_{above} = P_{table}\left(P_{initial_above}, T_{amb_below}\right) + \\ + \frac{\left[P_{table}\left(P_{initial_above}, T_{amb_above}\right) - P_{table}\left(P_{initial_above}, T_{amb_below}\right)\right] \cdot \left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]},$$

$$P_{limit_comm} = P_{below} + \frac{\left[P_{above} - P_{below}\right] \cdot \left[P_{initial} - P_{initial_below}\right]}{\left[P_{initial_above} - P_{initial_below}\right]},$$

если $P_{initial} < 5$ МПа, (Л.30)

тогда

$$P_{limit_comm} = P_{table}\left(P < 5, T_{amb_below}\right) + \frac{\left[P_{table}\left(P < 5, T_{amb_above}\right) - P_{table}\left(P < 5, T_{amb_below}\right)\right] \cdot \left[T_{amb} - T_{amb_below}\right]}{\left[T_{amb_above} - T_{amb_below}\right]}.$$

В качестве примера рассмотрим таблицу М.20, где $P_{initial} = 23$ МПа и $T_{amb} = 32$ °С. В этом случае $P_{initial_below} = 20$, $P_{initial_above} = 30$, $T_{amb_below} = 30$ и $T_{amb_above} = 35$. P_{limit_comm} рассчитывают следующим образом:

$$P_{below} = 87{,}5 + \frac{\left[86{,}0 - 85{,}7\right] \cdot \left[32 - 30\right]}{\left[35 - 30\right]} = 85{,}8,$$

$$P_{above} = 84{,}5 + \frac{\left[84{,}9 - 84{,}5\right] \cdot \left[32 - 30\right]}{\left[35 - 30\right]} = 84{,}7,$$

$$P_{limit_comm} = 85{,}8 + \frac{\left[84{,}7 - 85{,}8\right] \cdot \left[23 - 20\right]}{\left[30 - 20\right]} = 85{,}5.$$

Уравнение (Л.30) используют для расчета предельного давления связи для каждой категории температуры подачи водорода и для каждой категории емкости СХКВ. Уравнения (Л.31)—(Л.33) используют для определения соответствующей таблицы предельных значений коммуникационного давления, используемой для расчета каждого из этих предельных значений давления. Таблицы предельных значений давления назначаются исходя из категории емкости СХКВ (A, B, C) и категории температуры подачи водорода (Т40, Т30, Т20).

Для класса давления Н35 заправку из холодной колонки не применяют.

Если категория емкости СХКВ — D, нет необходимости рассчитывать предельное давление заправки со связью для категорий A, B и C.

Выбор таблиц заправки со связью при нормальной заправке категории Н70

Для категорий емкости СХКВ A, B и C:

В случае Н70 и CD = FALSE, использовать таблицу К.20 для вычисления $P_{limit_comm_T40_A}$
В случае Н70 и CD = FALSE, использовать таблицу К.21 для вычисления $P_{limit_comm_T40_B}$
В случае Н70 и CD = FALSE, использовать таблицу К.22 для вычисления $P_{limit_comm_T40_C}$
В случае Н70 и CD = FALSE, использовать таблицу К.23 для вычисления $P_{limit_comm_T30_A}$
В случае Н70 и CD = FALSE, использовать таблицу К.24 для вычисления $P_{limit_comm_T40_A}$ (Л.31)
В случае Н70 и CD = FALSE, использовать таблицу К.25 для вычисления $P_{limit_comm_T40_A}$
В случае Н70 и CD = FALSE, использовать таблицу К.26 для вычисления $P_{limit_comm_T40_A}$
В случае Н70 и CD = FALSE, использовать таблицу К.27 для вычисления $P_{limit_comm_T40_A}$
В случае Н70 и CD = FALSE, использовать таблицу К.28 для вычисления $P_{limit_comm_T40_A}$

Для категории емкости СХКВ D:

В случае Н70 и CD = FALSE, использовать таблицу К.29 для вычисления $P_{limit_comm_T40_D}$
В случае Н70 и CD = FALSE, использовать таблицу К.30 для вычисления $P_{limit_comm_T30_D}$
В случае Н70 и CD = FALSE, использовать таблицу К.31 для вычисления $P_{limit_comm_T20_D}$

Выбор таблиц заправки со связью при холодной заправке категории Н70

В случае Н70 и CD = TRUE, использовать таблицу К.32 для вычисления $P_{limit_comm_T40_A}$
В случае Н70 и CD = TRUE, использовать таблицу К.33 для вычисления $P_{limit_comm_T40_B}$
В случае Н70 и CD = TRUE, использовать таблицу К.34 для вычисления $P_{limit_comm_T40_C}$ (Л.32)

В случае H70 и CD = TRUE, использовать таблицу K35 для вычисления $P_{limit_comm_T30_A}$
В случае H70 и CD = TRUE, использовать таблицу K.36 для вычисления $P_{limit_comm_T30_B}$
В случае H70 и CD = TRUE, использовать таблицу K.37 для вычисления $P_{limit_comm_T30_C}$
В случае H70 и CD = TRUE, использовать таблицу K.38 для вычисления $P_{limit_comm_T20_A}$
В случае H70 и CD = TRUE, использовать таблицу K.39 для вычисления $P_{limit_comm_T20_B}$
В случае H70 и CD = TRUE, использовать таблицу K.40 для вычисления $P_{limit_comm_T20_C}$

Определение таблиц заправки со связью категории H35

В случае H35 и CD = FALSE, использовать таблицу K.41 для вычисления $P_{limit_comm_T40_A}$
В случае H35 и CD = FALSE, использовать таблицу K.42 для вычисления $P_{limit_comm_T40_B}$
В случае H35 и CD = FALSE, использовать таблицу K.43 для вычисления $P_{limit_comm_T40_C}$
В случае H35 и CD = FALSE, использовать таблицу K.44 для вычисления $P_{limit_comm_T30_A}$
В случае H35 и CD = FALSE, использовать таблицу K.45 для вычисления $P_{limit_comm_T30_B}$ (Л.33)
В случае H35 и CD = FALSE, использовать таблицу K.46 для вычисления $P_{limit_comm_T30_C}$
В случае H35 и CD = FALSE, использовать таблицу K.47 для вычисления $P_{limit_comm_T20_A}$
В случае H35 и CD = FALSE, использовать таблицу K.48 для вычисления $P_{limit_comm_T20_B}$
В случае H35 и CD = FALSE, использовать таблицу K.49 для вычисления $P_{limit_comm_T20_C}$

Л.2.2.2 Инициализация контроля конечного давления — метод MC

Уравнение (Л.34) используется для расчета начальной температуры СХКВ T_{init_cold} с допущениями холодного случая, что означает, что СХКВ начинался при температуре холодного насыщения и 100 %-ном уровне заряда, а затем выгружался при максимальном расходе, как приведено в А.3.8 и А.3.9. T_{fit_1} и T_{fit_2} представляют регрессионную подгонку к данным о сливе водорода, сгенерированным с помощью моделирования, и являются временными переменными, используемыми при расчете T_{init_cold}. Единицей измерения для T_{amb} и T_{init_cold} в уравнении (Л.34) является Кельвин (К).

$$T_{fit_1} = 273{,}15 + P_{initial} \cdot 0{,}31 - 12{,}21,$$
$$T_{fit_2} = 273{,}15 + (T_{amb} - 273{,}15) \cdot (0{,}89 - P_{iitial} \cdot 6{,}74E{-}06) + (P_{initial} \cdot 0{,}31 - 43{,}45). \quad (Л.34)$$
$$\text{Если } T_{fit_2} > T_{fit_1}, \text{ тогда } T_{init_cold} = T_{fit_1} \text{ и } T_{init_cold} = T_{fit_2},$$
$$\text{а если } T_{init_cold} < 233{,}15, \text{ то } T_{init_cold} = 233{,}15.$$

Команда (Л.35) используется для установки параметра $t_{\min_cold}$ равным 30 с. Этот параметр используется в уравнении MC и представляет время, по истечении которого рассчитывается параметр Δt_{cold}. Δt_{cold} — это разница между временем заправки t и $t_{\min_cold}$. Единицей измерения для t и $t_{\min_cold}$ являются секунды.

$$\text{Установить } t_{\min_cold} = 30. \quad (Л.35)$$

Целевое давление рассчитывается для заправки через связь на основе целевой плотности в конце заполнения 40,2 г/л для класса давления H70 и 24,0 г/л для класса давления H35. Однако целевое значение давления может быть уменьшено с учетом допуска датчика. Величина снижения целевого уровня заряда для допуска датчика определяется производителем колонки. Параметр SOC_{target} используется для определения целевого уровня заряда, где $SOC_{target} = 100$ представляет целевую плотность 40,2 г/л для класса давления H70 и 24,0 г/л для класса давления H35. Заполнение связи должно достигать окончательного уровня заряда в СХКВ ≥ 95 % и ≤100 %. Таким образом, SOC_{target} должен быть установлен между 95 и 100, где значение 95 соответствует 95 %-ному уровню заряда, а значение 100 соответствует 100 %-ному уровню заряда. Единицей измерения для SOC_{target} является процент (%).

$$\text{Установить } SOC_{target}. \quad (Л.36)$$

Начальная плотность холодного случая ρ_{init_cold} рассчитывается на основе $P_{initial}$ и T_{init_cold}. В уравнении (Л.98) представлен эталонный расчет плотности. Единицей измерения ρ_{init_cold} является кг/м^3.

$$\text{Установить } \rho_{init_cold} = \rho(P_{initial}, T_{init_cold}). \quad (Л.37)$$

Баллон типа III емкостью 1 кг используется для расчета конечного давления, как указано в А.3.7. Объем этого сосуда установлен для заправки H70 или H35. Единицей измерения является м^3.

$$\text{В случае H70, установить } V_{cold} = 0{,}0247, \quad (Л.38)$$
$$\text{В случае H35, установить } V_{cold} = 0{,}0416. \quad (Л.39)$$

Масса водорода в сосуде типа III при 100 %-ном уровне заряда составляет 1 кг. Единицей измерения m_{final_cold} является кг.

$$\text{Установить } m_{final_cold} = 1. \quad (Л.40)$$

Исходная масса водорода в холодном случае в этом единственном сосуде типа III рассчитывается на основе начальной плотности ρ_{init_cold} и объема V_{cold}. Единицей измерения m_{init_cold} является кг.

$$\text{Установить } m_{init_cold} = V_{cold} \cdot \rho_{init_cold}. \quad (Л.41)$$

Масса водорода, которую необходимо добавить к исходной массе в холодных условиях для достижения 100 %-ного уровня заряда. Единицей измерения m_{add} является кг.

$$\text{Установить } m_{add} = m_{final_cold} - m_{init_cold}. \quad (Л.42)$$

Начальная удельная внутренняя энергия в холодных условиях рассчитывается на основе начального давления $P_{initial}$ и начальной температуры в холодных условиях T_{init_cold}. Руководство по расчету удельной внутренней энергии приведено в Л.3.2 и, справочно, также предоставляется уравнение для удельной внутренней энергии, уравнение (Л.96). Единицей измерения u_{init_cold} является кДж/кг.

$$\text{Установить } u_{init_cold} = u(P_{initial}, T_{init_cold}). \quad (Л.43)$$

Начальная внутренняя энергия в холодных условиях U_{init_cold} рассчитывается на основе начальной удельной внутренней энергии (u_{init_cold}) в холодном состоянии и начальной массы m_{init_cold} в холодном состоянии. Единицей измерения U_{init_cold} является кДж.

$$\text{Установить } U_{init_cold} = u_{init_cold} \cdot m_{init_cold}. \quad (Л.44)$$

В уравнении MC используются пять констант (см. И.3.1 для подробного объяснения уравнения MC и того, как оно используется при расчете целевого и предельного давления в конце заполнения). Установлены пять констант, используемых в уравнении MC. Единицей измерения AC, BC и GC являются кДж/К. KC и JC безразмерны.

$$\begin{aligned} AC &= 1{,}10487E + 00, \\ BC &= 2{,}20466E + 00, \\ GC &= 2{,}22198E + 01, \\ KC &= 1{,}63097E + 03, \\ JC &= 8{,}23284E + 01. \end{aligned} \quad (Л.45)$$

Л.2.3 Подпрограмма расчета средней массы

Эта подпрограмма используется для расчета среднемассовой температуры подачи водорода, измеренной на выходе из ТРК, и среднемассовой энтальпии, измеренной на выходе из ТРК. Среднемассовая энтальпия рассчитывается только в том случае, если метод MC используется в качестве варианта контроля конечного давления. Эти расчеты средней массы должны проводиться с использованием временного шага *j*, что означает, что они рассчитываются один раз в секунду.

Расчет средней массы в этой подпрограмме использует входные данные от датчика давления станции и датчика температуры подачи водорода. Требования к размещению, точности и надежности этих датчиков перечислены в 5.2.

Следует использовать метод обнаружения неисправности (дрейф или отказ датчика) измерения температуры подачи водорода. Следует соблюдать требования 5.2.4. В качестве примера потенциальной методологии может применяться избыточность, так что сравнивается среднемассовое значение двух измерений температуры, и если абсолютное значение их разности превышает предельный критерий, ТРК выходит из строя и останавливает наполнение. Предельные критерии должны определяться изготовителем колонки на основе типа используемого датчика и его стандартной ошибки. Примером предельного критерия является стандартная ошибка датчика. Расчет средней массы является более точным, чем больше дозированной массы. Таким образом, производитель ТРК может принять решение о применении критериев предельных значений после того, как пройдет определенное количество времени или будет выдана масса. В качестве альтернативы предельные критерии могут быть прогрессивными по своей природе, так что они уменьшаются с увеличением прошедшего времени или выдаваемой массы.

В дополнение к внедрению методологии обнаружения неисправностей следует также учитывать погрешность измерения температуры и соблюдать требования 5.2.2. Как правило, датчик температуры использует стандартную погрешность измерения ±*X*, где *X* выражается в единицах измерения. В этом случае, чтобы гарантировать, что наиболее консервативное измерение используется в качестве управляющего входа, для температуры подачи водорода, используемой в расчете среднемассовой температуры подачи водорода, к измеренному значению следует добавить погрешность измерения +, а для подачи водорода температуры, используемой в расчете среднемассовой энтальпии, + погрешность измерения следует вычесть из измеренного значения. В качестве альтернативы, если датчик был откалиброван в аккредитованной лаборатории, измеренное значение может быть скорректировано на калибровочную ошибку как для расчетов среднемассовой температуры, так и для расчетов энтальпии.

Если используется избыточность и измеряются две температуры подачи водорода, то следует рассчитать два среднемассовых значения (представленных как *AA* и *BB*) и использовать наиболее консервативное значение в качестве управляющего входа.

Л.2.3.1 Подпрограмма расчета среднемассовой температуры подачи водорода

Ключевым управляющим входом для определения *PRR* является среднемассовая температура подачи водорода, измеренная на выходе из ТРК. Существует два расчета средней массы, MAT_0 и MAT_{30}. MAT_0 начинает расчет в начале основного времени заправки с $t = 0$ с. MAT_{30} начинает расчет по истечении 30 с массового расхода. См. И.2.4 для подробного объяснения того, как среднемассовая температура подачи водорода используется в управлении скоростью изменения давления. Единицей измерения для MAT_0 и MAT_{30} является Кельвин (К).

В уравнениях этой подпрограммы T_{fuel_inst} представляет собой температуру подачи водорода, измеренную на выходе из ТРК, а m представляет собой общую массу, выданную с начала основного времени заправки. T_{fuel_inst} (j) представляет температуру, измеренную на текущем временном шаге j. T_{fuel_inst} (j – 1) представляет температуру, измеренную на предыдущем временном шаге j – 1. $T_{fuel_inst_A}$ и $T_{fuel_inst_B}$ представляют собой два отдельных измерения при использовании избыточности. $m(j)$ представляет собой общую массу, дозированную до текущего временного шага j. $m(j-1)$ представляет собой общую массу, выданную до предыдущего временного шага j – 1. Таким образом, $m(j) - m(j-1)$ представляет собой изменение массы за последний временной шаг j. Важно, чтобы знаменатель в уравнениях (Л.46) и (Л.47) рассчитывался как сумма $m(j) - m(j-1)$, а не просто с использованием значения m. Это связано с тем, что среднее значение массы является функцией взвешивания, и поэтому изменение массы для числителя и знаменателя должно суммироваться одинаково. Единицей измерения для T_{fuel_inst} является Кельвин (К). Единицей измерения m являются граммы.

Если $j = 0$, тогда $MAT_{0_A} = T_{fuel_inst_A(0)}$,

$$\text{иначе } MAT_{0_A} = \frac{\sum_{0}^{j}\left[\left(m_j - m_{(j-1)}\right)\cdot 0{,}5\left(T_{fuel_inst_A(j)} + T_{fuel_inst_A(j-1)}\right)\right]}{\sum_{0}^{j}\left(m_j - m_{(j-1)}\right)}, \quad (Л.46)$$

если $j = 0$, тогда $MAT_{0_B} = T_{fuel_inst_B(0)}$,

$$\text{иначе } MAT_{0_B} = \frac{\sum_{0}^{j}\left[\left(m_j - m_{(j-1)}\right)\cdot 0{,}5\left(T_{fuel_inst_B(j)} + T_{fuel_inst_B(j-1)}\right)\right]}{\sum_{0}^{j}\left(m_j - m_{(j-1)}\right)}, \quad (Л.47)$$

$$MAT_0 = MAX[MAT_{0_A}, MAT_{0_B}]. \quad (Л.48)$$

В уравнениях (Л.49) и (Л.50) для MAT_{30} и в уравнении (Л.52), в котором используется MAT_{30}, параметр с именем n (счетчик) используется для определения точки насыпи, в которой должны начинаться эти расчеты. Расчет MAT_{30} начинается по истечении 30 с массового расхода. Поскольку счетчик временных шагов j обновляется каждую секунду, независимо от наличия массового расхода, используется отдельный счетчик n, который обновляется с той же частотой, что и j. Разница между n и j заключается в том, что n обновляется только при наличии массового расхода во время цикла расчета, что означает, что n не изменяется во время периодов остановки заправки, такого как проверка на утечку или переключение банков. Поскольку, по определению, расчет MAT_{30} начинается через 30 с массового расхода, расчет MAT_{30} начинается при $n = 30$. Поскольку члены суммирования в числителе и знаменателе уравнений (Л.49) и (Л.50) используют временной шаг j, время начала вычисления обозначается j при $n = 30$, что представляет собой значение j, когда счетчик n достигает 30. Если в течение первых 30 с заполнения нет периодов остановки заправки, тогда j и n одновременно достигнут 30.

Если период остановки заправки происходит, когда $20 \le n \le 30$, то из n вычитают 10 с. В этом случае до начала расчета MAT_{30} допускается массовый расход в течение 40 с. Цель вычитания 10 с состоит в том, чтобы позволить температуре подачи водорода T_{fuel_inst} снова снизиться после повышения, которое происходит во время предполагаемого события без подачи водорода.

Важно, чтобы знаменатель в уравнениях (Л.49) и (Л.50) рассчитывался как сумма $m_{(j)} - m_{(j-1)}$. Это связано с тем, что среднее значение массы является функцией взвешивания, и поэтому изменение массы для числителя и знаменателя должно суммироваться одинаково.

$$\text{Если } n \geq 30, \text{ то } MAT_{30_A} = \frac{\sum_{j@n=30}^{j}\left[\left(m_j - m_{(j-1)}\right)\cdot 0{,}5\left(T_{fuel_inst_A(j)} + T_{fuel_inst_A(j-1)}\right)\right]}{\sum_{j@n=30}^{j}\left(m_{(j)} - m_{(j-1)}\right)}, \quad (Л.49)$$

$$\text{если } n \geq 30, \text{ то } MAT_{30_B} = \frac{\sum_{j@n=30}^{j}\left[\left(m_j - m_{(j-1)}\right)\cdot 0{,}5\left(T_{fuel_inst_B(j)} + T_{fuel_inst_B(j-1)}\right)\right]}{\sum_{j@n=30}^{j}\left(m_{(j)} - m_{(j-1)}\right)}, \quad (Л.50)$$

$$MAT_{30} = MAX[MAT_{30_A}, MAT_{30_B}]. \quad (Л.51)$$

Среднемассовое значение температуры подачи водорода, используемое в качестве управляющего входного сигнала для окончательного уравнения, обозначено как MAT_C. MAT_C рассчитывается либо из $MAT_{expected}$, MAT_{30}, либо из комбинации MAT_{30} и MAT_0. Логика выполнения этого определения поясняется в И.2.4. Уравнение (Л.52) используется для расчета MAT_C:

если

$n \leq 30$,

то

$MAT_C = MAT_{expected}$,

или

если $P_{control} \leq P_{trans}$,

то

$MAT_C = MAT_{30}$, (Л.52)

или

если $P_{trans} < P_{control} \leq P_{final}$,

то

$$MAT_c = MAT_{30}\cdot\left(\frac{P_{final} - P_{control}}{P_{final} - P_{trans}}\right) + MAT_0\cdot\left(1 - \frac{P_{final} - P_{control}}{P_{final} - P_{trans}}\right),$$

или

если $P_{contorl} > P_{final}$,

то

$MAT_c = MAT_0$.

Счетчик n активируется только в том случае, если масса течет, как показано в уравнении (Л.53). Во время предполагаемого события отсутствия заправки счетчик n не продвигается вперед.

$$\text{Если } \dot{m} > 0,\ n = n + 1. \quad (Л.53)$$

Л.2.3.2 Подпрограмма вычисления средней массы энтальпии

Эта подпрограмма применима только в том случае, если в качестве опции конечного контроля давления используется метод МС. Если в качестве опции контроля конечного давления используются таблицы конечного давления, то эта подпрограмма неприменима.

В уравнениях этой подпрограммы T_{fuel_inst} — это температура, измеренная на выходе из колонки, $P_{station}$ — давление станции, измеренное на выходе из колонки, h — энтальпия, измеренная на выходе из колонки, а m — общая масса, выданная с начала основного времени заправки. $h(j)$ представляет собой энтальпию, измеренную на текущем временно́м шаге j. $h(j-1)$ представляет собой энтальпию, измеренную на предыдущем временно́м шаге $j-1$. $T_{fuel_inst_A}$ и $T_{fuel_inst_B}$, а также h_A и h_B представляют два отдельных измерения при использовании избыточности. $m(j)$ представляет собой общую массу, дозированную до текущего временно́го шага j. $m(j-1)$ представляет собой общую массу, выданную до предыдущего временно́го шага $j-1$. Таким образом, $m(j) - m(j-1)$ представляет собой изменение массы за последний временно́й шаг j. Единицей измерения для T_{fuel_inst} является Кельвин (К). Единицей измерения $P_{station}$ является МПа. Единицей измерения m являются граммы.

Уравнения (Л.54)—(Л.57) используются для расчета среднемассовой энтальпии на выходе из ТРК (h_{ave}). Уравнение для энтальпии как функции температуры и давления здесь не приводится, но руководство по расчету

энтальпии приведено в (Л.3), и, справочно, эталонное соотношение для энтальпии приведено в уравнении (Л.95). Единицей измерения h и h_{ave} является кДж/кг.

Важно, чтобы знаменатель в уравнениях (Л.55) и (Л.56) рассчитывался как сумма $m(j) - m(j-1)$, а не просто с использованием значения m. Это связано с тем, что среднее значение массы является функцией взвешивания, и поэтому изменение массы для числителя и знаменателя должно суммироваться одинаково.

$$h_{A(j)} = h(T_{fuel_inst_A(j)}, P_{station(j)}),\ h_{B(j)} = h(T_{fuel_inst_B(j)}, P_{station(j)}), \quad (Л.54)$$

$$\text{если } j = 0,\ h_{ave_A} = h_{A(0)} \text{ или } h_{ave_A} = \frac{\sum_{0}^{j}\left[\left(m_{(j)} - m_{(j-1)}\right)\cdot 0{,}5\left(h_{A(j)} + h_{A(j-1)}\right)\right]}{\sum_{0}^{j}\left(m_{(j)} - m_{(j-10)}\right)}, \quad (Л.55)$$

$$\text{если } j = 0,\ h_{ave_B} = h_{B(0)} \text{ или } h_{ave_B} = \frac{\sum_{0}^{j}\left[\left(m_{(j)} - m_{(j-1)}\right)\cdot 0{,}5\left(h_{B(j)} + h_{B(j-1)}\right)\right]}{\sum_{0}^{j}\left(m_{(j)} - m_{(j-10)}\right)}, \quad (Л.56)$$

$$h_{ave} = MIN[h_{ave_A}, h_{ave_B}]. \quad (Л.57)$$

Л.2.4 Подпрограмма расчета t_{final}

Эта подпрограмма используется для вычисления t_{final}, которое определяется как общее время, необходимое для заполнения от $P_{\min}$ до P_{final}. t_{final} — это ключевой управляющий входной сигнал уравнения скорости линейного изменения давления. Подробное объяснение t_{final} и уравнения скорости изменения давления — см. в И.2.2 и И.2.3 соответственно. Единицей измерения t_{final} являются секунды.

Вычисления в этой подпрограмме должны проводиться с использованием временного шага i, что означает, что они вычисляются один раз каждые 5 с. При желании можно использовать временной шаг менее 5 с, но временной шаг i не должен быть короче временного шага j.

t_{final} рассчитывается для каждого объема СХКВ: 49,7 л, 99,4 л, 174,0 л и 248,6 л. Они формируют границы категорий емкости СХКВ A, B и C, перечисленных в 8.2, таблица 4. Как описано в Л.1.4, когда категория емкости СХКВ может быть определена ТРК, флаговая переменная «Индикатор Cons RR» устанавливается в значение FALSE. В этом случае есть два варианта расчета t_{final}. Производитель ТРК может выбрать любой вариант. Когда используется вариант 1, t_{final} выбирается на основе более консервативного t_{final} нижней границы СХКВ и верхней границы СХКВ или минимального значения t_{final_min}, в зависимости от того, что больше. При использовании варианта 2 (применимо только к категориям емкости СХКВ A, B и C) t_{final} определяется путем интерполяции между t_{final} верхней и нижней границы СХКВ на основе измеренного объема СХКВ или минимального значения t_{final_min}, в зависимости от того, что больше.

Когда категория емкости СХКВ не может быть определена заправочной колонкой, флаговая переменная «Индикатор Cons RR» устанавливается в TRUE и t_{final} выбирается на основе наиболее консервативного t_{final} из всех граничных СХКВ или минимального значения $t_{final_min_cons}$.

Хотя уравнения (Л.58)—(Л.61) рассчитывают t_{final} для каждого граничного СХКВ, если категория емкости СХКВ определена, а «Индикатор Cons RR» имеет значение FALSE, необходимо вычислить t_{final} только для граничного СХКВ категории емкости СХКВ (например, $t_{final_99{\cdot}4}$ и t_{final_174} для категории емкости СХКВ B). Уравнения написаны таким образом, чтобы обеспечить логичный и непротиворечивый подход, применимый во всех случаях и независимо от того, имеет ли значение «Индикатор Con RR» FALSE или TRUE.

Вычисление t_{final} для СХКВ 49,7 л:

$$t_{final_49,7} = \alpha \cdot \beta \cdot (a_{49,7} \cdot MAT_C^{\,3} + b_{49,7} \cdot MAT_C^{\,2} + c_{49,7} \cdot MAT_C + d_{49,7}). \quad (Л.58)$$

Вычисление t_{final} для СХКВ 99,4 л:

$$t_{final_99,4} = \alpha \cdot \beta \cdot (a_{99,7} \cdot MAT_C^{\,3} + b_{99,4} \cdot MAT_C^{\,2} + c_{99,4} \cdot MAT_C + d_{99,4}). \quad (Л.59)$$

Вычисление t_{final} для СХКВ 174,0 л:

$$t_{final_174,0} = \alpha \cdot \beta \cdot (a_{174,0} \cdot MAT_C^{\,3} + b_{174,0} \cdot MAT_C^{\,2} + c_{174,0} \cdot MAT_C + d_{174,0}). \quad (Л.60)$$

Вычисление t_{final} для СХКВ 248,6 л:

$$t_{final_248,6} = \alpha \cdot \beta \cdot (a_{248,6} \cdot MAT_C^{\,3} + b_{248,6} \cdot MAT_C^{\,2} + c_{248,6} \cdot MAT_C + d_{248,6}). \quad (Л.61)$$

Вычисление t_{final_small}, t_{final_large} и t_{final_min}:

если *Indicator Cons RR = FALSE,*

тогда

если $CHSS_{Capacity_Category} = A$, $t_{final_small} = t_{final_49,7}$, $t_{final_large} = t_{final_99,4}$, $t_{final_min} = t_{final_min_A}$,

если $CHSS_{Capacity_Category} = B$, $t_{final_small} = t_{final_99,4}$, $t_{final_large} = t_{final_174,0}$, $t_{final_min} = t_{final_min_B}$, (Л.62)

если $CHSS_{Capacity_Category} = C$, $t_{final_small} = t_{final_174,0}$, $t_{final_large} = t_{final_248,6}$, $t_{final_min} = t_{final_min_C}$,

если $CHSS_{Capacity_Category} = D$, $t_{final_small} = t_{final_248,6}$, $t_{final_large} = t_{final_248,6}$, $t_{final_min} = t_{final_min_D}$,

или

$$t_{final_min} = t_{final_min_cons}.$$

Вычисление t_{final}

Если *Indicator Cons RR = FALSE*,

тогда

Вариант 1: $t_{final} = MAX\ (t_{final_min}, t_{final_small}, t_{final_large})$.

Если *Indicator Cons RR = FALSE*,

тогда

Вариант 1:

$$t_{final} = max(t_{final_min}, t_{final_small}, t_{final_large}).$$

Вариант 2: интерполяция t_{final} (применимо только для категорий емкости СХКВ *A*, *B* и *C*)

Если $CHSS_{Capacity_Category} = A$,

$$t_{final_interp} = t_{final_49,7} + (t_{final_99,4} - t_{final_49,7}) \cdot (V_{CHSS} - 49,7)/(99,4 - 49,7),$$

если $CHSS_{Capacity_Category} = B$,

$$t_{final_interp} = t_{final_99,4} + (t_{final_174,0} - t_{final_99,4}) \cdot (V_{CHSS} - 99,4)/(174,0 - 99,4), \quad (Л.63)$$

если $CHSS_{Capacity_Category} = C$,

$$t_{final_interp} = t_{final_174,0} + (t_{final_248,6} - t_{final_174,0}) \cdot (V_{CHSS} - 174,0)/(248,6 - 174,0),$$

$$t_{final} = MAX\ (t_{final_interp}, t_{final_min})$$

или

$$t_{final} = MAX\ (t_{final_min}, t_{final_49,7}, t_{final_99,4}, t_{final_174,0}, t_{final_248,6}).$$

Л.2.5 Подпрограмма вычисления T_{cold}

Эта подпрограмма применима только в том случае, если в качестве опции конечного контроля давления используется метод MC. Если в качестве опции контроля конечного давления используются таблицы конечного давления, эта подпрограмма неприменима.

Эта подпрограмма используется для расчета температуры водорода СХКВ в холодном случае с использованием уравнений метода MC (см. *И*.3.1 для подробного объяснения метода MC и того, как он используется для расчета целевого давления в конце заполнения). T_{cold} представляет собой температуру водорода в холодных условиях и используется для расчета целевого давления для некоммуникационных наполнителей и предельного давления для коммуникационных наполнителей.

Вычисления в этой подпрограмме должны проводиться с использованием временно́го шага *i*, что означает, что они вычисляются один раз каждые 5 с. При желании можно использовать временно́й шаг менее 5 с, но временно́й шаг *i* не должен быть короче временно́го шага *j*.

Уравнение (Л.64) вычисляет адиабатическую внутреннюю энергию. Единицей измерения $U_{adiabatic_cold}$ является кДж.

$$U_{adiabatic_cold} = U_{init_cold} + m_{add} \cdot h_{ave}. \quad (Л.64)$$

Уравнение (Л.65) вычисляет удельную адиабатическую внутреннюю энергию. Единицей измерения $U_{adiabatic_cold}$ является кДж/кг.

$$u_{adiabatic_cold} = \frac{u_{adiabatic_cold}}{m_{final_cold}}. \quad (Л.65)$$

В помощью уравнения (Л.66) вычисляют адиабатическую температуру для холодного случая $T_{adiabatic_cold}$. Уравнение для температуры как функции давления и удельной внутренней энергии здесь не приводится, но руководство по этому расчету дано в Л.3, и справочное уравнение для температуры предоставляется по уравнению (Л.97). Единицей измерения $T_{adiabatic_cold}$ является Кельвин (К).

$$T_{adiabatic_cold} = f\,(P_{station},\ U_{adiabatic_cold}).\qquad (Л.66)$$

Уравнение (Л.67) вычисляет удельную теплоемкость в холодном состоянии при постоянном объеме C_{v_cold}. Уравнение для удельной теплоемкости как функции давления и температуры здесь не приводится, но руководство по этому расчету дано в Л.3, и эталонное уравнение для удельной теплоемкости предоставляется по уравнению (Л.99). Единицей измерения C_{v_cold} является кДж/кгК.

$$C_{v_cold} = f\,(P_{station}, T_{adiabatic_cold}).\qquad (Л.67)$$

Уравнения (Л.68) и (Л.69) используют для расчета MC_{cold}. Подробное объяснение MC_{cold} и его использования — см. И.3.1. Единицей измерения MC_{cold} является кДж/К.

$$\text{Если } t = t_{\min_cold},\ \Delta t_{cold} = t - t_{\min_cold},\ ELSE\ \Delta t_{cold} = 0.\qquad (Л.68)$$

$$MC_{cold} = AC + bc \cdot \ln\sqrt{\frac{U_{adiabatic_cold}}{U_{init_cold}}} + GC \cdot \left(1 - e^{-KC \cdot \Delta t_{cold}}\right)^{JC}.\qquad (Л.69)$$

Последним шагом в этой подпрограмме является вычисление T_{cold}. T_{cold} представляет собой температуру водорода в охлажденном СХКВ и используется в подпрограмме «Определение целевых значений давления и пределов» в Л.2.7.2 для расчета целевого давления для заправок без связи и предельного давления для заправок со связью. Подробное объяснение T_{cold} (см. И.3.1). Единицей измерения T_{cold} является Кельвин (К).

$$T_{cold} = \frac{m_{final_cold} \cdot c_{v_cold} \cdot T_{adiabatic_cold} + MC_{cold} \cdot T_{init_cold}}{MC_{cold} + m_{final_cold} \cdot c_{v_cold}}.\qquad (Л.70)$$

Л.2.6 Вычисление *PRR* и подпрограммы $P_{control}$

Эта подпрограмма используется для расчета скорости линейного изменения давления *PRR*, линейного давления P_{ramp}, управляющего давления $P_{control}$, предельных давлений P_{limit_high} и P_{limit_low}, а также коэффициентов α и β, используемых в конечном уравнении. Линейное давление — это давление, на котором основана скорость рампового увеличения давления. Контрольное давление — это давление, на которое ориентируется система управления ТРК в любой момент времени во время наполнения. Верхний и нижний пределы давления определяют коридор давления и являются пределами давления на станции, которые не должны нарушаться. В И.2.3 и И.2.5 приведено объяснение переменной скорости изменения давления *PRR*, в И.2.6 — подробное объяснение α, β, P_{limit_high} и P_{limit_low} и в И.2.7 — подробное объяснение $P_{control}$.

Расчеты в этой подпрограмме должны проводиться на основе временно́го шага *j*, который увеличивается на каждую 1 с. Таким образом, каждый расчет в этой подпрограмме выполняется один раз в секунду.

Уравнение (Л.71) используется для расчета α. α — это коэффициент, учитывающий изменчивость скорости линейного изменения давления во время заполнения. α умножается на итоговое уравнение для увеличения времени заправки водородом в зависимости от степени изменчивости скорости линейного изменения давления. Единица измерения α безразмерна. Единицей измерения $RR_{\min}$ и $RR_{\max}$ является МПа/с.

В уравнении (Л.71) для первого цикла вычисления, когда $j = 0$, α не вычисляется и используется значение инициализации, равное 1. Если массовый расход равен нулю в течение более 5 с (например, во время запланированного события без заправки водородом), минимальная скорость линейного изменения давления $RR_{\min}$ устанавливается равной нулю.

$$\text{Если } j > 0,$$

$$\text{тогда}$$

$$\text{если } PRR < RR_{\min}, \text{ тогда } RR_{\min} = PRR,$$

$$\text{если } PRR < RR_{\max}, \text{ тогда } RR_{\max} = PRR,\qquad (Л.71)$$

$$\text{если } \dot{m} = 0 \text{ для более 5 с, тогда } RR_{\min} = 0,$$

$$\alpha = \left[\frac{100 + 18{,}5(RR_{\max} - RR_{\min})}{100}\right].$$

Уравнение (Л.72) используют для повторного расчета β. Коэффициент β инициализируется в подпрограмме инициализации управления *PRR*, Л.2.1, уравнение (Л.13). Однако включение параметра ΔP_{tol_low} в уравнение β [см. уравнение (Л.13)] обеспечивает избыточный запас, из-за которого время заправки становится больше, чем может потребоваться. Подробное объяснение коэффициента β и способа его получения дано в И.2.6.2.1. Чтобы устранить этот избыточный запас и оптимизировать время заправки, измерение линейного давления за вычетом

давления на станции производится вскоре после начала заправки в момент времени $t = t_{tol_low}$. Затем это измерение позволяет пересчитать коэффициент β. β пересчитывается только один раз во время заполнения. Повторный расчет β необязателен. Изготовитель ТРК может принять решение об использовании коэффициента β, первоначально рассчитанного в Л.2.1, уравнение (Л.13), для всей заправки, хотя это приведет к увеличению времени заправки до 4 %.

В уравнении (Л.72) для первого цикла вычисления, когда $j = 0$, поскольку *PRR* еще не известен, t_{tol_low} не может быть рассчитан, и поэтому этот шаг пропускается и используется инициализированное значение $\overline{\beta}$. Инициализированное значение β используется до тех пор, пока не удовлетворяются критерии $t \geq t_{tol_low}$. Измерение $P_{ramp} - P_{station}$ при расчете ΔP_{low} проводится только один раз, когда удовлетворяются критерии $t \geq t_{tol_low}$. Если $P_{station}$ больше или равно P_{ramp}, то $\Delta P_{tol_low} = 0$.

Если $j > 0$,

$$\text{если } t_{tol_low} = \frac{2{,}5}{PRR},$$

если $t \geq t_{tol_low}$ для первого периода,

тогда (Л.72)

$$\Delta P_{low} = MAX(0, P_{ramp} - P_{station})$$

и

$$\beta = \frac{P_{final} - P_{\min}}{P_{final} - P_{\min} - \Delta P_{tol_high} - \Delta P_{low}}.$$

Крышка PRR_{CAP} помещается на скорость линейного изменения давления *PRR*, чтобы ограничить максимальную скорость потока и предотвратить слишком большое значение α, что фактически может привести к увеличению общего времени заполнения. Самая высокая средняя скорость линейного изменения давления, которая может возникнуть, возникает, если t_{final} вычисляется как t_{final_min}. В этом случае самая высокая средняя скорость изменения давления по всему наполнению будет равна $(P_{final} - P_{min})/t_{final_min}$.

Ограничение *PRR* установлено таким образом, что оно никогда не может превышать 110 % от максимальной средней скорости линейного изменения давления. Этот подход позволяет достаточно варьировать *PRR*, гарантируя, что скорость потока и α не станут слишком большими. Коэффициент PRR_{CAP_Factor}, который определяет величину PRR_{CAP}, устанавливается в подпрограмме инициализации управления *PRR*, Л.2.1.2, уравнение (Л.22). Единица измерения PRR_{CAP_Factor} безразмерная, а единицей измерения PRR_{CAP} является МПа/с.

$$PRR_{CAP} = PRR_{CAP_Factor} \cdot \frac{P_{final} - P_{\min}}{t_{final_min}}. \quad (Л.73)$$

TopOff — это необязательная переменная логического флага, для которой установлено значение TRUE или FALSE. Когда TopOff имеет значение TRUE, скорость изменения давления ограничивается до 0,33 МПа/с (20 МПа/мин) ближе к концу наполнения, чтобы снизить перепад давления между давлением ТРК и давлением СХКВ, чтобы увеличить конечный уровень заряда СХКВ. Используется предельное значение 0,33 МПа/с, потому что при такой скорости изменения давления перепад давления между ТРК и СХКВ обычно менее 1 МПа. Использование более низкого (т. е. менее 0,33 МПа/с) предельного значения может еще больше снизить падение давления, но за счет увеличения общего времени заправки.

Если используется скорость изменения давления TopOff, критерии для определения того, когда активируется переменная флага TopOff, представлены в уравнении (Л.74). Уравнение (Л.74) не используется во время первого цикла расчета, когда $j = 0$, поскольку необходимые входные данные целевого давления и *PRR* еще не определены. Единицей измерения для $P_{station}$, $P_{target_non_comm}$ и P_{target_comm} является МПа, а единицей измерения для *PRR* является МПа/с.

Использование скорости линейного изменения давления TopOff не является обязательным.

Условия активации переменной *TOPOFF:*

если $j > 0$,

Indicator Comm Fill = TRUE,

$$\frac{P_{station}}{P_{target_comm}} \geq 0{,}695 - 0{,}09 \cdot PRR,$$

тогда *TOPOFF = TRUE*

или

если *Indicator Comm Fill* = *FALSE*,

$$\frac{P_{station}}{P_{target_non_comm}} \geq 0,695 - 0,09 \cdot PRR,$$

тогда *TOPOFF* = *TRUE*. (Л.74)

Уравнение (Л.75) используют для расчета скорости изменения давления *PRR* (см. И.2.3 и И.2.5 для подробного объяснения управления скоростью линейного изменения давления и уравнений). Включение скорости линейного изменения давления TopOff является необязательным. Если TopOff не используется, следует игнорировать условие в уравнении (Л.75), где TopOff = TRUE. Единицей измерения *PRR* является МПа/с.

Уравнение *PRR*:

$$\text{если } t_{final} \cdot \left(\frac{P_{final} - P_{startup}}{P_{final} - P_{\min}} \right) - t > 10 \text{ и } P_{ramp} < 0,98 \cdot P_{final},$$

$$\text{тогда } PRR = \frac{P_{final} + P_{ramp}}{t_{final} \cdot \left(\frac{P_{final} - P_{startup}}{P_{final} - P_{\min}} \right) - t},$$

$$PRR = MIN\,[PRR,\ PRR_{CAP}], \quad \text{(Л.75)}$$

если *TopOFF* = *TRUE*,

тогда *PRR* = *MIN* [*PRR*, 0,33]

или *PRR* = *PRR*,

если *TopOFF* = *TRUE*,

тогда *PRR* = *MIN* [*PRR*, 0,33].

Линейное давление P_{ramp} увеличивается по мере заполнения на основе *PRR*, рассчитанного по уравнению (Л.75). Поскольку P_{ramp} используется для увеличения давления во время заполнения, оно всегда рассчитывается для следующего временного шага $j + 1$, т. е. на 1 с вперед. Если происходит период остановки заправки, когда скорость потока падает до нуля, например, во время проверки на утечку или переключения ряда, то P_{ramp} может поддерживаться постоянным во время этой паузы (если P_{ramp} не поддерживается постоянным, то нижний предел давления требование к процессу P_{limit_low} [уравнение (Л.89) по-прежнему применяется]. P_{ramp} снова начинает продвигаться, как только поток водорода возобновляется. Единицей измерения для P_{ramp} является МПа.

Если $\dot{m} > 0$,

тогда

$$P_{ramp(j+1)} = P_{ramp} + PRR$$

или

если $\dot{m} = 0$, (Л.76)

тогда

$$P_{ramp(j+1)} = P_{ramp}$$

или

$$P_{ramp(j+1)} = P_{ramp} + PRR.$$

Управляющее давление $P_{control}$ определяется как давление, на которое ориентируется ТРК в любой момент времени. Другими словами, управляющее давление — это управляющий параметр, которому следует колонка при управлении давлением на станции $P_{station}$. $P_{control}$ определяется как смещение ΔP_{offset} от P_{ramp}. ΔP инициализируется в подпрограмме инициализации управления *PRR*, Л.2.1.2, уравнение (Л.23); однако оно необязательно должно быть постоянным и, следовательно, может изменяться во время заполнения. Чтобы обеспечить возможность изменения ΔP_{offset}, значение ΔP_{offset} устанавливается в каждом цикле этой подпрограммы. Изготовитель колонки должен определить соответствующее значение смещения, исходя из характеристик управления колонкой. Большее смещение приводит к сокращению времени заправки, но обеспечивает меньший запас между $P_{control}$

и P_{limit_high} (см. И.2.7 для подробного объяснения и примера того, как можно изменять ΔP_{offset}). Для ΔP_{offset} может быть установлено любое значение от 0 до 7. Единицей измерения для $P_{control}$ и ΔP_{offset} является МПа.

Установить ΔP_{offset} (определенное ТРК).

$$P_{control(j+1)} = P_{ramp(j+1)} + \Delta P_{offset}. \quad (Л.77)$$

Верхнее и нижнее предельные давления P_{limit_high} и P_{limit_low} соответственно используются для задания верхней и нижней границ коридора давления, в который станционное давление $P_{station}$ не должно проникать в течение основного времени заправки, за исключением первых 15 с (а также в качестве дополнительных условий согласно 8.3.2). Подпрограмма проверки процесса (Л.2.9) выполняет проверку $P_{station}$ по P_{limit_high} и P_{limit_low}, чтобы гарантировать, что давление на станции остается в пределах коридора давления. Единицей измерения для P_{limit_high} и P_{limit_low} является МПа.

$$P_{limit_high} = P_{ramp} + \Delta P_{tol_high}.$$

Если категория емкости СХКВ = A, B или C,

тогда

$$P_{limit_low} = \text{MAX}\,(P_{startup}, P_{ramp} + \Delta P_{tol_low}) \quad (Л.78)$$

или

если категория емкости СХКВ = D,

$$P_{limit_low} = \text{MAX}\,(P_{startup}, P_{startup} + 0{,}0167 \cdot t - \Delta P_{tol_low}).$$

Л.2.7 Подпрограмма определения целевых значений давления и пределов

Эта подпрограмма используется для определения и установки целевых значений и пределов давления в конце заполнения. Имеются две независимые и эксклюзивные подсекции, использование которых определяется используемой опцией контроля конечного давления. Пункт Л.2.7.1 описывает определение целевых значений давления и пределов для «таблиц конечного давления» в качестве варианта контроля конечного давления. В пункте Л.2.7.2 описывается определение целевых значений давления и пределов для «метода МС» в качестве конечного варианта контроля давления.

Расчеты в этой подпрограмме должны проводиться на основе временного шага *j*, который увеличивается на каждую 1 с. Таким образом, каждый расчет в этой подпрограмме выполняется один раз в секунду.

Л.2.7.1 Определение целевых значений и пределов давления — таблицы конечных давлений

Для определения конца заполнения используются два целевого давления: одно для $P_{target_non_comm}$, при заправке без связи, и одно для P_{target_comm}, для заправки со связью. Кроме того, существует предел давления, используемый для заправки со связью, P_{limit_comm}, используемый в качестве вторичной защиты в случае неисправности в сигнале МТ. Целевые значения давления без связи и пределы давления для связи были рассчитаны в подпрограмме инициализации управления конечным давлением (Л.2.2.1). В Л.2.7.1 делается определение, для которого одно из этих предварительно рассчитанных целевых значений давления без связи и пределов давления связи применимо к текущим условиям, и целевое давление связи рассчитывается как функция измеренной температуры СХКВ МТ.

Л.2.7.1.1 Определение целевого давления без связи

Если категория емкости СХКВ имеет значение A, B, C или не определена, то в подпрограмме инициализации контроля конечного давления были рассчитаны девять целевых значений давления без связи на основе категорий температуры подачи водорода T40, T30, T20 и категорий емкости СХКВ A, B и C. Если категория емкости СХКВ равна D, то в подпрограмме инициализации управления конечным давлением было рассчитано одно целевое давление без связи.

Уравнение (Л.79) используют для определения того, какое из этих предварительно рассчитанных целевых значений давления без связи применимо на основе известной среднемассовой температуры подачи водорода и известной категории емкости СХКВ на текущем временном шаге. Это определение проводится на каждом временном шаге, так как эти параметры могут изменяться во время заполнения. Для категории температуры подачи водорода T20 верхняя граничная температура 255,65 K не используется при определении того, следует ли использовать целевое давление T20 без связи. Это связано с тем, что MAT_C может превысить эту верхнюю граничную температуру во время заполнения, особенно если начальное давление относительно высокое, в то время как заполнение все еще остается в пределах требований процесса.

Определение целевого давления для заправки без связи

$$233{,}15 \le MAT_C \le 240{,}15,$$

если $CHSS_{Capacity_Category} = A$, тогда $P_{target_non_comm} = P_{target_non_comm_T40_A}$,
если $CHSS_{Capacity_Category} = B$, тогда $P_{target_non_comm} = P_{target_non_comm_T40_B}$,
если $CHSS_{Capacity_Category} = C$, тогда $P_{target_non_comm} = P_{target_non_comm_T40_C}$,
если $CHSS_{Capacity_Category} = D$, тогда $P_{target_non_comm} = P_{target_non_comm_T40_D}$,

если *Indicator Cons RR* = *TRUE*,

тогда

$$P_{target_non_comm} = \text{MAX}\,[P_{target_non_comm_T40_A}, P_{target_non_comm_T40_B}, P_{target_non_comm_T40_C}]$$

$$240{,}15 \le MAT_C \le 247{,}15,$$

если $CHSS_{Capacity_Category} = A$, тогда $P_{target_non_comm} = P_{target_non_comm_T30_A}$,
если $CHSS_{Capacit_Category} = B$, тогда $P_{target_non_comm} = P_{target_non_comm_T30_B}$, (Л.79)
если $CHSS_{Capacity_Category} = C$, тогда $P_{target_non_comm} = P_{target_non_comm_T30_C}$,
если $CHSS_{Capacity_Category} = D$, тогда $P_{target_non_comm} = P_{target_non_comm_D}$,

если *Indicator Cons RR* = TRUE,

тогда

$$P_{target_non_comm} = \text{MAX}\,[P_{target_non_comm_T30_A}, P_{target_non_comm_T30_B}, P_{target_non_comm_T30_C}],$$

если $CHSS_{Capacity_Category} = A$, тогда $P_{target_non_comm} = P_{target_non_comm_T20_A}$,
если $CHSS_{Capacit_Category} = B$, тогда $P_{target_non_comm} = P_{target_non_comm_T20_B}$,
если $CHSS_{Capacity_Category} = C$, тогда $P_{target_non_comm} = P_{target_non_comm_T20_C}$,
если $CHSS_{Capacity_Category} = D$, тогда $P_{target_non_comm} = P_{target_non_comm_D}$,

если *Indicator Cons RR* = TRUE,

тогда

$$P_{target_non_comm} = \text{MAX}\,[P_{target_non_comm_T20_A}, P_{target_non_comm_T20_B}, P_{target_non_comm_T20_C}].$$

Л.2.7.1.2 Определение целевого давления заправки со связью

Целевое давление рассчитывается для заправки со связью на основе целевой плотности в конце заправки, равной 40,2 г/л для класса давления Н70 и 24,0 г/л для класса давления Н35, который не учитывается SOC_{target}. SOC_{target} устанавливается в подпрограмме инициализации контроля конечного давления, (см. Л.2.2.1). Единицей измерения является МПа, единицей измерения для *MT* является Кельвин (К), а единицей измерения для SOC_{target} является процент (например, 100 % выражается как 100). Уравнение (Л.80) имеет точность +0/минус 0,08 МПа в диапазоне температур 233,15 К ≤ *MT* ≤ 358,15 К и диапазоне целевого уровня заряда 95 ≤ SOC_{target} ≤ 100.

Расчет целевого давления заправки со связью:

если $P_{ress\ class}$ = Н70, $P_{target_comm} = (0{,}0144 \cdot SOC_{targt} - 0{,}439)\cdot(0{,}2782 \cdot MT - 4{,}7145E - 0{,}5 \cdot MT^2 - 6{,}18) - 0{,}1$, (Л.80)
если $P_{ress\ class}$ = Н35, $P_{target_comm} = (0{,}0123 \cdot SOC_{targt} - 0{,}227)\cdot(0{,}1346 \cdot MT - 1{,}3637E - 0{,}5 \cdot MT^2 - 6{,}18) - 0{,}12$.

Л.2.7.1.3 Определение предела давления при заправке со связью

Предел давления при заправке со связью обозначается как P_{limit_comm}. Это предельное значение давления используется в качестве вторичного средства защиты для ограничения переполнения в случае сбоя в измеренной СХКВ температуре *MT*, что приводит к неправильному целевому давлению при заправке со связью.

Если категория емкости СХКВ имеет значение A, B, C, то в подпрограмме инициализации контроля конечного давления были рассчитаны девять предельных значений давления на линии связи на основе категорий температуры подачи водорода Т40, Т30, Т20 и категорий емкости СХКВ A, B и C. Если категория емкости СХКВ равна D, то в подпрограмме инициализации управления конечным давлением были рассчитаны три предельных значения давления на основе категорий температуры подачи водорода Т40, Т30, Т20.

Уравнение (Л.81) используется для определения того, какой из этих предварительно рассчитанных пределов давления связи применим на основе известной среднемассовой температуры подачи водорода и известной категории емкости СХКВ на текущем временном шаге. Это определение производится на каждом временном шаге, так как эти параметры могут изменяться во время заполнения. Для категории температуры подачи водорода Т20 верхняя граничная температура 255,65 К не используется при определении того, следует ли использовать предел давления связи Т20. Это связано с тем, что MAT_C может превысить эту верхнюю граничную температуру во время заполнения, особенно если начальное давление относительно высокое, в то время как заполнение все еще остается в пределах требований процесса.

Определение предела давления связи:

если $233{,}15 \le MAT_C \le 240{,}15$

если $CHSS_{Capacity_Category} = A$, тогда $P_{limit_comm} = P_{limit_comm_T40_A}$,
если $CHSS_{Capacity_Category} = B$, тогда $P_{limit_comm} = P_{limit_comm_T40_B}$,
если $CHSS_{Capacity_Category} = C$, тогда $P_{limit_comm} = P_{limit_comm_T40_C}$,
если $CHSS_{Capacity_Category} = D$, тогда $P_{limit_comm} = P_{limit_comm_T40_D}$,

если *Indicator Cons RR* = TRUE,

тогда

$$P_{limit_comm} = \text{MAX}\,[P_{limit_comm_T40_A},\ P_{limit_comm_T40_B},\ P_{limit_comm_T40_C}].$$

Если $240{,}15 < MAT_C \le 247{,}15$,

если $CHSS_{Capacity_Category} = A$, *тогда* $P_{limit_comm} = P_{limit_comm_T30_A}$,
если $CHSS_{Capacit_Category} = B$, *тогда* $P_{limit_comm} = P_{limit_comm_T30_B}$, (Л.81)
если $CHSS_{Capacity_Category} = C$, *тогда* $P_{limit_comm} = P_{limit_comm_T30_C}$,
если $CHSS_{Capacity_Category} = D$, *тогда* $P_{limit_comm} = P_{limit_comm_T30_D}$,

если *Indicator Cons RR* = TRUE,

тогда

$$P_{limit_comm} = \text{MAX}\,[P_{limit_comm_T30_A},\ P_{target_non_comm_T30_B},\ P_{target_non_comm_T30_C}].$$

Если $240{,}15 < MAT_C$,

если $CHSS_{Capacity_Category} = A$, тогда $P_{limit_comm} = P_{limit_comm_T20_A}$,
если $CHSS_{Capacit_Category} = B$, тогда $P_{limit_comm} = P_{limit_comm_T20_B}$,
если $CHSS_{Capacity_Category} = C$, тогда $P_{limit_comm} = P_{limit_comm_T20_C}$,
если $CHSS_{Capacity_Category} = D$, тогда $P_{limit_comm} = P_{limit_comm_D}$,

если *Indicator Cons RR* = TRUE,

тогда

$$P_{limit_comm} = \text{MAX}\,[P_{limit_comm_T20_A},\ P_{limit_comm_T20_B},\ P_{limit_comm_T20_C}].$$

Л.2.7.2 Определение целевых значений и пределов давления — метод MC

Для определения окончания заполнения вычисляют два целевых значения давления: одно для $P_{target_non_comm}$ (заправка без связи) и P_{target_comm} (заправка со связью). Кроме того, существует предел давления, рассчитанный для заправки со связью, P_{limit_comm}, используемый в качестве вторичной защиты в случае неисправности в сигнале *MT*. Целевое давление связи рассчитывается как функция измеренной СХКВ температуры *MT*. Целевое значение давления без связи и предельное давление для связи рассчитываются как функции параметра T_{cold}, который представляет собой минимальную температуру в конце заполняющего водорода в холодных условиях.

Целевое давление рассчитывается для наполнителей без связи на основе целевой плотности в конце наполнения, равной 40,2 г/л для класса давления H70 и 24,0 г/л для класса давления H35. Единицей измерения $P_{target_non_comm}$ является МПа, а единицей измерения T_{cold} является Кельвин (K). Уравнение (Л.82) имеет точность ±0,01 МПа в диапазоне температур $233{,}15\ \text{K} \le T_{cold} \le 358{,}15\ \text{K}$.

Вычисляют целевое давление заполнения без связи по формулам:

если $P_{ress\ class} = \text{H70}$, $P_{target_non_comm} = 0{,}2782 \cdot T_{cold} - 4{,}7145E - 0{,}5 \cdot T_{cold}^2 - 6{,}18$,
если $P_{ress\ class} = \text{H35}$, $P_{target_non_comm} = 0{,}1346 \cdot T_{cold} - 1{,}3637E - 0{,}5 \cdot T_{cold}^2 - 2{,}65$. (Л.82)

Целевое давление рассчитывается для коммуникационных наполнителей на основе целевой плотности в конце наполнения, равной 40,2 г/л для класса давления H70 и 24,0 г/л для класса давления H35, который не учитывается SOC_{target}. SOC_{target} устанавливается в подпрограмме инициализации управления конечным давлением, Л.2.2.2. Единицей измерения для P_{target_comm} является МПа, единицей измерения для *MT* является Кельвин (K), а единицей измерения для SOC_{target} является % (например, 100 % выражается как 100). Уравнение (Л.83) имеет точность +0/минус 0,08 МПа в диапазоне температур $233{,}15\ \text{K} \le MT \le 358{,}15\ \text{K}$ и диапазоне целевого уровня заряда $95 \le SOC \le 100$.

Вычисляют целевое давление заполнения связи по формулам:

если $P_{ress\ class} = \text{H70}$, $P_{target_comm} = (0{,}0144 \cdot SOC_{target} - 0{,}439) \cdot (0{,}2782 \cdot MT - 4{,}7145E - 0{,}5 \cdot MT^2 - 6{,}18) - 0{,}1$,
если $P_{ress\ class} = \text{H35}$, $P_{target_comm} = (0{,}0123 \cdot SOC_{target} - 0{,}227) \cdot (0{,}1346 \cdot MT - 1{,}3637E - 0{,}5 \cdot MT^2 - 6{,}18) - 0{,}12$. (Л.83)

Предел давления рассчитывается для коммуникационных наполнителей на основе предела 115 %-ного уровня заряда, что соответствует максимальной плотности 46,23 г/л для класса давления H70 и 27,6 г/л для класса давления H35 (см. H.3.1.4 для объяснения и обоснования этого предела плотности). Предел давления P_{limit_comm} используется в качестве вторичной защиты в случае неисправности в сигнале MT. Единицей измерения P_{limit_comm} является МПа, а единицей измерения T_{cold} является Кельвин (K). Уравнение (Л.84) имеет точность ±0,01 МПа в диапазоне температур $233{,}15\ \text{K} \le T_{cold} \le 358{,}15\ \text{K}$.

Вычисляют предельное давление наполнения связи по формулам:

если $P_{ress\ class}$ = H70, P_{limit_comm} = MIN [83,5 (0,3457 · T_{cold} – 6,6942E – 0,5 · T_{cold}^2 – 7,29)],

если $P_{ress\ class}$ = H35, P_{limit_comm} = MIN [43,75 (0,1622 · T_{cold} – 1,8904E – 0,5 · T_{cold}^2 – 3,40)]. (Л.84)

Л.2.8 Подпрограмма оценки критериев окончания заполнения

Эта подпрограмма используется для определения того, соблюдаются ли критерии окончания заполнения, после чего заполнение завершается. Расчеты в этой подпрограмме должны проводиться с частотой не менее 10 Гц (десять расчетов в секунду).

Условием выполнения критерия окончания заполнения для заправки водородом без связи является давление на станции, превышающее или равное целевому давлению без связи. Станция должна прекратить заполнение немедленно, когда этот критерий удовлетворен. В уравнении (Л.85) согласно 5.2.2 измерение давления на станции должно учитывать ошибку датчика.

Оценка критериев окончания заправки для заправки водородом без связи:

если *Indicator Comm Fill = FALSE, u* $P_{station} \geq P_{target_non_comm}$, тогда *END FILL*. (Л.85)

Условие для выполнения критерия окончания заполнения для заправки по линии связи состоит в том, чтобы либо давление $P_{station}$, либо давление транспортного средства МР были больше или равны целевому давлению связи или предельному давлению связи. Раздаточная колонка может использовать любой критерий (т. е. давление станции $P_{station}$ или давление транспортного средства МР). Станция должна прекратить заполнение немедленно, когда этот критерий удовлетворен.

Оценить критерии окончания заполнения для заправки со связью:

если *Indicator Comm Fill = TRUE u* $P_{station} \geq MIN\ [P_{target_comm}, P_{limit_comm}]$, тогда *END FILL*

или

если *Indicator Comm Fill = TRUE u MP* $\geq MIN\ [P_{target_comm}, P_{limit_comm}]$, тогда *END FILL*. (Л.86)

Л.2.9 Подпрограмма проверки процесса

Эта подпрограмма используется для проверки того, находятся ли температура, давление и массовый расход в пределах технологических ограничений. Если какая-либо из проверок условий процесса не выполняется, подпрограмма проверки процесса дает сбой, и заполнение должно быть прекращено как можно скорее, но в течение 5 с. В уравнении (Л.89) давление станции должно оставаться выше нижнего предельного давления коридора давления только тогда, когда масса течет, что исключает периоды остановки заправки, такие как проверка на утечку или переключение банков.

Единицей измерения для $P_{station}$, P_{limit_high} и P_{limit_low} является МПа. Единицы измерения T_{amb} — градусы Цельсия, °С. Единицей измерения для MT, T_{fuel} и MAT_{30} является Кельвин (К). Единица измерения t — секунды, а единица измерения m — г/с.

Расчеты в этой подпрограмме должны проводиться на основе временного шага j, который увеличивается на каждую 1 с. Таким образом, каждый расчет в этой подпрограмме выполняется один раз в секунду.

Если $P_{station} \leq 87{,}5$, тогда *PASS*, иначе *FAIL*. (Л.87)

Если $t > 15$ и если $P_{station} \leq P_{limit_high}$, тогда *PASS*, иначе *FAIL*. (Л.88)

Если $t > 15$ и если $P_{station} \leq P_{limit_low}$, тогда *PASS*, иначе *FAIL*. (Л.89)

Если $-40 \leq T_{amb} \leq 50$, тогда *PASS*, иначе *FAIL*. (Л.90)

Если *Indicator Comm Fill = TRUE* и $MT < 358{,}15$, тогда *PASS*, иначе *FAIL*. (Л.91)

Если $T_{fuel} \geq 233{,}15$, тогда *PASS*, иначе *FAIL*. (Л.92)

Если $n > 30$ и если $MAT_{30} \leq 255{,}65$, тогда *PASS*, иначе *FAIL*. (Л.93)

Если $t > 0$ и если $\dot{m} \leq 60$, тогда *PASS*, иначе *FAIL*. (Л.94)

Примечания

1 К уравнению (Л.88): в соответствии с 8.3.2.1, если давление на станции превышает верхний предел давления на 5 МПа или меньше, оно должно вернуться в эти пределы в течение 5 с после начального отклонения или прекратить подачу водорода в течение 5 с после начального отклонения. Если величина отклонения превышает 5 МПа, станция должна прекратить заправку водородом в течение 5 с после первоначального отклонения.

2 К уравнению (Л.89): давление на станции должно оставаться выше нижнего предела давления коридора давления только тогда, когда масса течет, что исключает периоды остановки заправки, такие как проверка на утечку или переключение банков. Кроме того, в соответствии с 8.3.2.1, если давление на станции падает ниже нижнего предела давления, оно должно вернуться в эти пределы в течение 15 с после начального отклонения, не считая предполагаемого времени без дозаправки, а если это не так, станция должна прекратить подачу водорода в течение 15 с после первоначального отклонения.

3 К уравнению (Л.93): если предполагаемое событие отсутствия водорода происходит между $20 \le n \le 30$, то это требование следует применять с $n > 40$. Кроме того, требование для $MAT_{30} \le 255{,}65$ применяется только тогда, когда массовый расход превышает 0,6 г/с для более 10 с (см. 8.1.2.1).

Л.3 Опорные уравнения

Применение протокола на основе формулы МС с использованием метода МС для конечного варианта контроля давления требует расчета теплофизических свойств водорода.

Уравнения (Л.95)—(Л.99) даны в качестве эталона для расчета теплофизических свойств водорода, которые требуются в методе МС. Эти уравнения обычно имеют точность в пределах от 0,5 % до 1 %.

Л.3.1 Энтальпия (кДж/кг)

$$h = (4{,}9146189\ 2522E - 15 \cdot P^5 - 0{,}0000000000016076 \cdot P^4 + 0{,}000000000214858 \cdot P^3 - 0{,}0000000146189 \cdot P^2 + 0{,}000000454324 \cdot P - 0{,}00000987705) \cdot T^3 + (0{,}00000000055184 \cdot P^4 - 0{,}0000000141472 \cdot P^3 + 0{,}0000132881 \cdot P^2 - 0{,}000497343 \cdot P + 0{,}0108438) \cdot T^2 + (0{,}00000000202796 \cdot P^5 - 0{,}000000664561 \cdot P^4 + 0{,}0000901478 \cdot P^3 - 0{,}00639724 \cdot P^2 + 0{,}225139 \cdot P + 10{,}4372) \cdot T + (-0{,}000000255167 \cdot P^5 + 0{,}0000852825 \cdot P^4 - 0{,}0119306 \cdot P^3 + 0{,}894471 \cdot P^2 - 27{,}6592 \cdot P + 112{,}034), \quad (Л.95)$$

где P — абсолютное давление, МПа;

T — абсолютная температура, К.

Пример ввода/вывода:

Ввод		Вывод	
P (МПа)	T (К)	h (кДж/кг) — NIST	h (кДж/кг) уравнение выше
70,1	288,15	4232,1	4232,0

Л.3.2 Удельная внутренняя энергия (кДж/кг)

$$u = 496{,}1 \cdot [(-0{,}000000251102 \cdot P^2 + 0{,}00003270544 \cdot P + 0{,}020635744157) \cdot T + n\,(0{,}000110237178 \cdot P^2 - 0{,}014948338423 \cdot P - 0{,}70695572653)], \quad (Л.96)$$

где P — абсолютное давление, МПа;

T — абсолютная температура, К.

Пример ввода/вывода:

Ввод		Вывод	
P(МПа)	T(К)	u (кДж/кг) — NIST	u (кДж/кг) уравнение выше
70,1	288,15	2488,8	2499,4

Л.3.3 Температура (К)

$$T = (0{,}000001148 \cdot P^2 - 0{,}000148149 \cdot P + 0{,}0976624642) \cdot u + (-0{,}0047605417 \cdot P^2 + 0{,}6412591317 \cdot P + 34{,}3729762461), \quad (Л.97)$$

где P — абсолютное давление, МПа;

u — удельная внутренняя энергия, кДж/кг.

Пример ввода/вывода:

Ввод		Вывод	
P(МПа)	u (кДж/кг)	T(К) — NIST	T(К) уравнение выше
70,1	2488,8	288,15	287,19

Л.3.4 Плотность (кг/м^3)

$$\rho = (-1{,}1671E - 16 \cdot P^4 + 0{,}000000000000035429 \cdot P^3 - 0{,}00000000000380467 \cdot P^2 + 0{,}000000000151947 \cdot P - 0{,}00000000000376254) \cdot T^4 + (0{,}000000000000159364 \cdot P^4 - (0{,}0000000000491286 \cdot P^3 + 0{,}000000005383778 \cdot P^2 - 0{,}000000222007 \cdot P + 0{,}00000000512189) \cdot T^3 + (-0{,}0000000000826768 \cdot P^4 + 0{,}000000026014 \cdot P^3 - 0{,}00000293356 \cdot P^2 + 0{,}00012714 \cdot P - 0{,}00000263185) \cdot T^2 + (0{,}0000000195877 \cdot P^4 - 0{,}00000634261 \cdot P^3 + 0{,}0007478 \cdot P^2 - 0{,}0354828 \cdot P + 0{,}000608078) \cdot T + (-0{,}0000018437 \cdot P^4 + 0{,}000623884 \cdot P^3 - 0{,}0798237 \cdot P^2 + 4{,}77618 \cdot P - 0{,}0536549), \quad (Л.98)$$

где P — абсолютное давление, МПа;
T — абсолютная температура, К.

Пример ввода/вывода:

Ввод		Вывод	
P(МПа)	T(К)	ρ (кг/м^3) — NIST	ρ (кг/м^3) уравнение выше
70,1	288,15	40,21	40,21

Л.3.5 Удельная теплоемкость при постоянном объеме (кДж/кгК)

$$C_v = 0{,}49608 \cdot [(-2{,}6305218E - 13 \cdot T^3 + 2{,}9504059885E - 10 \cdot T^2 + (-0{,}000000114316 \cdot T) + 0{,}000015724461) \cdot P^3 + (2{,}239406732E - 11 \cdot T^3 + (-0{,}000000026242 \cdot T^2) + 0{,}000010846506 \cdot T + (-0{,}001653192666)) \cdot P^2 + (-0{,}000000000909584 \cdot T^3) + 0{,}000001163147 \cdot T^2 + (-0{,}000549326926 \cdot T) + 0{,}106819055)) \cdot P + (0{,}000000183407 \cdot T^3) + (-0{,}000222580465 \cdot T^2) + 0{,}091271823485 \cdot T + 8{,}231398432926)], \quad (Л.99)$$

где P — абсолютное давление, МПа;
T — абсолютная температура, К.

Пример ввода/вывода:

Ввод		Вывод	
P(МПа)	T(К)	C_v (кДж/кг · К) — NIST	C_v (кДж/кг · К) уравнение выше
70,1	288,15	10,703	10,678

Л.4 Эталонные расчеты

При первом программировании протокола на основе формулы МС важно сверить расчеты t_{final} с известными значениями. В таблицах Л.18—Л.33 приведены значения t_{final} для входов температуры окружающей среды и MAT_C. Таблицы Л.18—Л.25 соответствуют окончательным коэффициентам из таблиц Л.1—Л.8. Таблицы Л.26—Л.33 соответствуют окончательным коэффициентам из таблиц Л.9—Л.16.

Значения в таблицах Л.18—Л.33 следует сравнивать с уравнениями для t_{final}, найденными в уравнениях Л.58—Л.61. Значения α и β установлены равными 1,0.

Таблица Л.18 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.1

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–0/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	1376,1	1950,5	4196,6	7534,6	11384,5	13320,3
45/318,15	586,2	742,9	1042,9	1555,8	2351,0	2876,3
40/313,15	350,5	496,7	666,2	874,4	1136,4	1292,4
35/308,15	313,4	444,5	599,5	785,7	1010,4	1139,4
30/303,15	250,9	351,0	470,7	612,1	777,0	868,9
25/298,15	206,6	284,7	380,2	493,0	622,9	694,3
20/293,15	173,2	237,3	315,1	406,6	511,9	569,8
15/288,15	149,3	205,3	271,7	349,4	439,2	488,9
10/283,15	129,9	179,3	236,9	303,9	381,2	424,1
5/278,15	105,2	149,2	197,9	252,6	315,0	349,4
0/273,15	89,1	126,0	167,3	213,8	265,8	294,2
–10/263,15	73,9	108,4	146,5	189,0	236,2	261,8
–20/253,15	71,3	97,0	129,2	167,3	210,8	234,4
–30/243,15	54,6	81,8	113,0	148,4	188,1	209,6
–40/233,15	54,5	75,5	101,2	131,8	167,4	187,1

Таблица Л.19 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.2

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	544,0	738,6	1582,0	3933,8	8653,8	12170,5
45/318,15	267,4	487,0	820,2	1362,5	2209,2	2776,6
40/313,15	216,5	358,5	574,3	874,1	1268,1	1503,7
35/308,15	205,8	332,8	533,6	811,5	1170,0	1380,5
30/303,15	180,0	277,8	434,3	649,7	923,8	1082,9
25/298,15	160,0	238,4	363,5	535,4	754,3	881,4
20/293,15	142,7	208,9	311,1	450,8	629,7	734,2
15/288,15	129,9	189,2	276,6	395,4	548,9	639,6
10/283,15	124,7	172,7	247,5	350,8	484,3	563,0
5/278,15	124,7	155,5	213,3	296,9	405,2	468,3
0/273,15	92,6	133,5	187,0	256,0	343,8	395,6
–10/263,15	91,0	125,4	172,8	235,7	316,8	364,9
–20/253,15	118,2	127,4	161,5	217,9	293,9	338,4
–30/243,15	69,0	106,1	149,4	203,1	271,2	312,1
–40/233,15	71,1	100,9	139,1	188,5	251,6	289,1

Таблица Л.20 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.3

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	274,0	524,8	108,5	2420,4	5455,5	7798,9
45/318,15	195,4	354,2	675,1	1217,7	2041,2	2576,9
40/313,15	176,4	280,3	500,4	855,3	1363,8	1681,5
35/308,15	170,8	269,3	475,9	809,4	1288,6	1588,8
30/303,15	155,4	238,1	400,7	661,3	1038,1	1275,6
25/298,15	141,9	214,4	345,5	554,1	859,1	1053,5
20/293,15	130,4	194,8	303,4	474,3	725,7	887,3
15/288,15	132,6	181,6	277,6	427,7	638,8	769,4
10/283,15	133,2	170,3	251,8	382,7	568,4	683,3
5/278,15	126,3	156,1	221,8	327,5	477,4	570,2
0/273,15	100,6	139,5	198,8	285,8	407,8	484,3
–10/263,15	96,3	133,7	189,1	270,2	384,9	457,3
–20/253,15	105,1	132,3	180,6	256,2	365,0	433,7
–30/243,15	109,1	130,1	173,3	243,6	345,9	410,6
–40/233,15	122,4	130,8	166,7	232,0	328,6	389,2

Таблица Л.21 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.4

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	290,5	370,1	825,4	1856,0	3661,7	4917,6
45/318,15	192,2	291,6	570,3	1072,0	1840,7	2338,8
40/313,15	210,2	246,2	434,3	778,9	1284,7	1599,5
35/308,15	212,3	242,3	421,0	749,8	1230,1	1527,7
30/303,15	219,6	222,8	359,6	623,9	1009,7	1246,3
25/298,15	198,2	204,6	316,6	531,6	847,1	1041,7
20/293,15	197,5	195,6	284,1	460,8	723,5	886,6
15/288,15	219,8	198,9	265,2	415,0	644,6	788,1
10/283,15	219,4	195,1	248,7	377,5	579,0	706,2
5/278,15	173,5	169,6	220,0	326,1	489,1	592,3
0/273,15	136,9	150,4	198,9	287,4	420,8	505,8
–10/263,15	204,0	175,8	200,4	276,7	403,5	485,4
–20/253,15	173,5	162,1	192,3	266,6	387,3	465,9
–30/243,15	171,9	159,2	186,8	257,0	372,1	447,3
–40/233,15	173,7	158,3	182,5	248,1	357,4	429,1

Таблица Л.22 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.5

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	784,3	1179,7	1951,4	3505,5	6247,8	8191,4
45/318,15	451,7	645,0	865,4	1151,4	1541,7	1788,0
40/313,15	302,3	424,2	565,1	730,1	924,7	1034,7
35/308,15	267,5	378,1	506,9	656,7	830,5	927,4
30/303,15	207,0	290,4	390,0	505,8	637,9	710,0
25/298,15	165,1	229,9	308,4	400,2	504,9	562,0
20/293,15	132,1	185,9	249,4	323,0	407,6	454,1
15/288,15	110,1	156,9	211,1	273,5	345,0	384,5
10/283,15	89,4	132,4	180,0	233,7	294,7	328,5
5/278,15	62,8	102,3	143,6	188,2	237,3	264,1
0/273,15	51,8	82,0	115,8	153,4	194,8	216,9
–10/263,15	41,4	68,4	98,8	132,7	170,2	190,3
–20/253,15	31,5	55,9	83,5	114,5	149,0	167,6
–30/243,15	26,0	47,4	71,9	99,5	130,5	147,2
–40/233,15	46,8	65,0	84,0	103,6	123,9	134,3

Таблица Л.23 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.6

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	319,1	643,6	1187,0	2288,2	4286,7	5728,4
45/318,15	220,8	412,1	678,8	1052,2	1563,4	1880,5
40/313,15	176,2	288,1	464,2	705,1	1011,4	1189,3
35/308,15	165,8	266,3	428,6	651,7	934,9	1098,6
30/303,15	139,9	217,2	341,0	511,7	729,5	856,3
25/298,15	120,0	182,0	278,8	412,5	584,9	686,2
20/293,15	110,9	156,8	232,9	340,3	480,0	562,2
15/288,15	94,8	138,1	203,7	294,2	412,1	482,3
10/283,15	83,4	123,0	179,6	256,6	357,2	417,4
5/278,15	131,8	124,9	153,2	210,7	291,7	339,1
0/273,15	51,8	85,6	126,4	177,2	241,1	278,9
–10/263,15	80,0	91,1	118,6	162,0	220,4	255,2
–20/253,15	63,4	79,6	107,8	148,6	202,4	234,2
–30/243,15	60,9	75,0	100,3	137,2	186,2	215,3
–40/233,15	60,9	72,0	93,7	126,5	171,0	197,7

Таблица Л.24 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.7

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	94,5	483,5	868,3	1584,1	2966,3	4012,1
45/318,15	169,3	276,4	533,8	959,6	1571,9	1953,7
40/313,15	139,6	216,8	382,8	656,0	1054,4	1306,3
35/308,15	135,3	207,4	362,9	619,9	996,7	1235,8
30/303,15	120,2	179,3	299,6	496,8	786,9	971,6
25/298,15	104,4	159,0	253,4	407,2	640,0	792,1
20/293,15	123,1	145,8	218,0	344,0	528,5	644,0
15/288,15	100,4	131,6	196,2	302,4	458,2	557,3
10/283,15	76,2	119,3	178,1	267,6	402,4	491,5
5/278,15	130,0	124,5	155,4	223,5	329,1	396,2
0/273,15	60,0	91,9	133,0	191,1	273,8	326,8
–10/263,15	55,9	87,8	126,7	180,6	257,4	306,9
–20/253,15	58,9	86,0	121,0	171,0	242,9	289,2
–30/243,15	134,6	114,4	124,0	162,6	229,2	272,9
–40/233,15	144,3	119,4	123,5	156,0	216,2	256,5

Таблица Л.25 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.8

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	163,4	298,1	629,8	1289,4	2407,9	3180,1
45/318,15	207,2	230,5	433,2	825,1	1415,8	1788,6
40/313,15	195,0	195,5	324,9	584,6	976,2	1221,9
35/308,15	197,2	190,8	312,7	561,8	936,9	1171,4
30/303,15	173,3	171,5	265,3	457,9	752,7	939,5
25/298,15	197,6	169,9	231,1	380,8	618,3	769,9
20/293,15	210,0	168,0	206,4	323,3	517,0	642,1
15/288,15	186,5	155,1	188,9	288,3	453,8	561,5
10/283,15	134,9	133,8	173,3	260,1	401,2	494,2
5/278,15	178,3	147,7	161,3	221,2	329,6	402,6
0/273,15	158,2	134,0	144,5	191,7	277,6	335,6
–10/263,15	152,9	129,8	139,6	184,2	265,5	320,5
–20/253,15	146,7	125,1	134,6	177,1	254,4	306,8
–30/243,15	186,7	148,9	144,5	175,6	244,1	293,0
–40/233,15	210,1	169,5	156,2	175,8	233,8	279,1

Таблица Л.26 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.9

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	381,8	569,6	961,4	1932,3	3857,7	86601,5
45/318,15	251,3	395,0	571,7	813,4	1151,9	9997,9
40/313,15	207,4	299,5	420,8	575,5	767,6	3823,4
35/308,15	199,8	287,4	402,3	547,1	724,5	3362,8
30/303,15	175,7	247,2	339,6	454,1	591,8	2480,4
25/298,15	155,8	216,8	293,7	387,5	499,2	1998,9
20/293,15	139,1	193,0	258,8	337,7	430,8	1688,1
15/288,15	126,9	176,9	235,9	305,3	386,8	1541,7
10/283,15	115,5	162,5	216,3	278,6	351,0	1378,1
5/278,15	99,9	142,4	189,4	242,4	302,8	1136,1
0/273,15	89,1	126,0	167,3	213,8	265,8	894,7
–10/263,15	73,9	108,4	146,5	189,0	236,2	803,8
–20/253,15	64,6	94,3	128,4	167,2	210,7	705,2
–30/243,15	54,6	81,8	113,0	148,4	188,1	640,3
–40/233,15	54,5	75,5	101,2	131,8	167,4	612,7

Таблица Л.27 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.10

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	155,7	446,7	804,6	1955,8	4627,1	6759,7
45/318,15	183,0	316,0	546,8	917,6	1471,1	1829,6
40/313,15	167,1	254,4	416,0	659,8	993,8	1197,0
35/308,15	164,5	247,7	403,0	634,7	947,4	1135,4
30/303,15	150,8	221,2	346,5	529,8	774,2	920,3
25/298,15	138,7	200,9	305,0	454,5	652,7	771,0
20/293,15	127,5	184,0	272,6	397,2	561,5	659,8
15/288,15	120,2	172,4	251,6	361,4	505,3	591,1
10/283,15	122,5	164,0	232,9	330,7	458,9	534,7
5/278,15	103,9	146,9	207,5	288,7	393,3	455,4
0/273,15	92,7	133,6	187,1	256,1	343,9	395,8
–10/263,15	91,0	125,4	172,8	235,8	316,8	364,9
–20/253,15	125,0	129,2	161,0	216,9	293,5	338,4
–30/243,15	69,1	106,2	149,5	203,1	271,3	312,1
–40/233,15	71,1	100,9	139,1	188,5	251,6	289,1

Таблица Л.28 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.11

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	113,3	396,7	725,5	1599,3	3517,8	5025,0
45/318,15	171,1	268,9	517,2	968,6	1675,5	2141,2
40/313,15	152,4	232,0	405,1	705,3	1165,9	1466,7
35/308,15	152,9	226,4	395,1	685,3	1123,3	1405,9
30/303,15	140,9	208,2	345,7	576,9	925,3	1150,8
25/298,15	131,3	193,3	308,2	497,2	781,7	966,5
20/293,15	122,7	180,4	278,4	436,0	672,7	826,7
15/288,15	121,6	169,9	259,7	400,7	602,9	729,9
10/283,15	124,4	163,8	242,7	368,3	548,1	660,5
5/278,15	127,2	154,1	217,5	321,3	469,3	561,0
0/273,15	103,0	139,8	198,6	285,9	408,2	484,5
–10/263,15	97,7	134,0	189,1	270,5	385,4	457,7
–20/253,15	93,9	128,8	180,4	256,5	364,9	433,5
–30/243,15	109,1	130,1	173,3	243,6	346,0	410,7
–40/233,15	123,7	130,9	166,1	231,1	327,9	388,8

Таблица Л.29 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.12

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	218,5	291,5	637,1	1424,1	2820,7	3800,3
45/318,15	233,2	250,1	462,4	902,0	1600,7	2057,1
40/313,15	219,5	220,3	371,2	678,1	1146,6	1443,4
35/308,15	245,3	222,6	363,3	663,0	1117,1	1400,7
30/303,15	217,9	206,7	322,9	564,2	928,3	1155,7
25/298,15	196,8	194,1	291,9	490,6	790,4	978,3
20/293,15	230,3	199,9	268,8	432,3	685,5	844,4
15/288,15	241,2	200,1	253,9	396,0	619,7	760,1
10/283,15	213,0	187,9	239,9	366,2	564,0	688,9
5/278,15	172,0	167,9	217,3	321,7	482,7	585,0
0/273,15	136,9	150,4	198,9	287,4	420,8	505,8
–10/263,15	204,0	175,8	200,4	276,7	403,5	485,4
–20/253,15	173,5	162,1	192,3	266,6	387,3	465,9
–30/243,15	171,9	159,2	186,8	257,0	372,1	447,3
–40/233,15	173,7	158,3	182,5	248,1	357,4	429,1

Таблица Л.30 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.13

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	246,5	560,6	773,8	1117,3	1822,4	2382,8
45/318,15	215,0	328,0	472,9	659,5	897,7	1039,3
40/313,15	170,3	244,1	342,0	464,6	612,6	696,4
35/308,15	163,0	233,7	326,5	441,9	580,6	658,9
30/303,15	138,5	197,3	271,8	362,9	471,5	532,6
25/298,15	118,6	169,7	231,7	305,9	393,8	443,2
20/293,15	102,3	147,5	200,5	262,9	335,9	376,9
15/288,15	89,3	131,6	179,8	235,1	299,1	334,7
10/283,15	78,8	118,1	162,0	211,9	268,7	300,1
5/278,15	57,5	96,1	136,4	179,6	227,2	253,2
0/273,15	51,8	82,0	115,8	153,4	194,8	216,9
–10/263,15	41,4	68,4	98,8	132,7	170,2	190,3
–20/253,15	31,5	55,9	83,5	114,5	149,0	167,6
–30/243,15	26,0	47,4	71,9	99,5	130,5	147,2
–40/233,15	46,8	65,0	84,0	103,6	123,9	134,3

Таблица Л.31 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.14

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	148,0	365,5	652,0	1194,2	2178,3	2894,3
45/318,15	156,6	249,8	434,0	722,5	1128,6	1379,9
40/313,15	133,8	197,9	322,2	510,6	766,9	921,7
35/308,15	131,0	192,8	312,1	491,7	734,3	880,1
30/303,15	115,6	169,7	264,8	404,8	593,9	708,0
25/298,15	108,7	151,9	228,6	341,7	494,2	586,1
20/293,15	97,5	136,8	201,3	294,5	419,8	495,4
15/288,15	85,4	125,0	183,7	265,2	373,6	439,0
10/283,15	77,2	115,1	168,1	240,2	335,2	392,6
5/278,15	121,2	118,6	147,6	203,6	282,3	328,8
0/273,15	51,6	85,6	126,4	177,2	241,1	278,9
–10/263,15	80,0	91,1	118,6	161,9	220,3	255,0
–20/253,15	61,7	78,9	107,6	148,5	202,2	234,0
–30/243,15	59,9	74,6	100,2	137,2	186,1	215,2
–40/233,15	59,8	71,5	93,6	126,5	170,9	197,6

Таблица Л.32 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.15

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/ 238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	157,4	261,9	556,8	1162,7	2200,1	2918,3
45/318,15	129,8	211,2	388,7	735,6	1325,0	1733,7
40/313,15	119,1	175,4	300,1	523,2	874,9	1108,3
35/308,15	117,8	173,3	294,4	509,3	846,3	1069,3
30/303,15	103,7	157,2	254,0	421,1	685,9	863,5
25/298,15	135,4	148,4	221,6	360,2	569,6	702,5
20/293,15	112,3	134,5	198,2	311,5	482,1	591,4
15/288,15	95,8	124,5	183,2	281,5	428,6	523,4
10/283,15	85,8	116,5	170,2	256,4	384,7	467,6
5/278,15	73,9	104,5	150,1	219,4	321,1	386,8
0/273,15	59,7	91,7	132,9	191,0	273,7	326,7
–10/263,15	56,0	87,9	126,7	180,6	257,5	307,0
–20/253,15	58,7	85,9	120,9	170,8	242,7	289,1
–30/243,15	114,4	106,2	121,9	162,5	229,2	272,7
–40/233,15	106,2	100,3	115,9	154,2	216,4	256,9

Таблица Л.33 — Справочные значения для t_{final} на основе коэффициентов таблицы Л.16

T_{amb}, °C/K	MAT_C, °C/K					
	–40/233,15	–35/238,15	–30/243,15	–25/248,15	–20/253,15	–17,5/255,65
50/323,15	169,2	230,9	480,7	1016,3	1935,7	2569,8
45/318,15	201,5	197,8	351,0	681,1	1208,3	1552,1
40/313,15	221,8	179,6	270,1	494,1	852,4	1082,2
35/308,15	217,3	177,2	266,2	484,3	831,4	1053,2
30/303,15	201,7	168,9	235,7	404,9	679,1	856,4
25/298,15	238,3	177,9	214,5	345,5	568,1	712,9
20/293,15	190,9	158,3	194,3	301,7	483,3	602,8
15/288,15	168,9	147,2	180,9	274,3	431,6	535,6
10/283,15	124,9	128,9	168,2	251,6	388,0	478,8
5/278,15	178,5	147,5	159,9	218,3	324,8	396,8
0/273,15	158,2	134,0	144,5	191,7	277,6	335,6
–10/263,15	152,9	129,8	139,6	184,2	265,5	320,5
–20/253,15	146,7	125,1	134,6	177,1	254,4	306,8
–30/243,15	–120,7	–39,2	48,7	143,0	244,0	297,1
–40/233,15	–110,3	–33,6	49,2	138,3	233,9	284,1

Приложение М
(обязательное)

Таблицы конечного давления на основе формулы MC

В настоящем приложении перечислены таблицы конечного давления для протокола на основе формулы MC, когда таблицы конечного давления используются в качестве опции контроля конечного давления.

М.1 Таблицы целевых давлений для заправки без связи по формуле MC

Таблицы М.1—М.19 используют для заправки водородом без связи.

М.1.1 Таблицы целевых показателей давления заправки без связи по формуле MC — H70

В таблицах М.1—М.10 представлены данные целевых значений давления заправки без связи по формуле MC для класса давления H70.

Таблица М.1 — Целевые показатели давления заправки без связи на основе формулы MC (H70-T40, категория емкости СХКВ А)

H70-T40: категория емкости СХКВ А без связи		Формула MC — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	77,9	77,0	76,5	76,1	75,8	75,2	74,8	74,3	73,7	72,7	Нет заправки
	45	76,2	76,2	75,8	75,8	75,5	75,1	74,9	74,3	73,7	72,7	Нет заправки
	40	75,9	76,0	75,7	75,7	75,5	75,1	74,9	74,3	73,6	72,6	Нет заправки
	35	75,6	75,8	75,4	75,5	75,4	74,9	74,7	74,1	73,5	72,6	Нет заправки
	30	74,9	75,1	74,6	74,8	74,6	73,9	73,7	72,9	72,2	71,3	Нет заправки
	25	74,2	74,5	73,9	74,2	73,8	72,9	72,6	71,6	70,9	Нет заправки	Нет заправки
	20	73,6	74,0	73,1	73,4	73,0	71,8	71,5	70,3	69,5	Нет заправки	Нет заправки
	10	72,6	73,1	71,7	72,0	71,2	70,4	69,2	68,0	66,7	Нет заправки	Нет заправки
	0	72,2	72,3	70,4	70,5	69,4	68,1	66,6	65,3	63,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	71,6	71,6	71,2	69,7	68,2	66,2	63,9	62,5	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	70,9	70,9	70,6	69,1	67,6	65,4	62,2	59,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	70,1	70,1	69,8	68,4	67,0	64,8	61,7	58,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	69,6	69,6	69,4	68,0	66,5	64,4	61,4	58,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.2 — Целевые показатели давления заправки без связи на основе формулы MC (H70-T40, категория емкости СХКВ B)

H70-T40: категория емкости СХКВ B без связи		Формула MC — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	77,3	77,3	76,8	76,5	76,2	75,6	75,2	74,6	73,9	72,8	Нет заправки
	45	76,8	76,9	76,5	76,4	76,2	75,6	75,3	74,7	73,9	72,7	Нет заправки
	40	76,6	76,8	76,3	76,4	76,2	75,6	75,3	74,6	73,9	72,7	Нет заправки
	35	76,2	76,4	76,0	76,1	75,9	75,3	75,1	74,5	73,8	72,7	Нет заправки
	30	75,4	75,8	75,2	75,4	75,1	74,3	74,1	73,3	72,4	71,3	Нет заправки
	25	74,7	75,1	74,5	74,7	74,3	73,3	73,0	72,0	71,1	Нет заправки	Нет заправки
	20	74,0	74,5	73,7	74,0	73,4	72,2	71,9	70,7	69,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	72,7	74,1	73,2	72,4	71,6	70,9	69,6	68,4	66,9	Нет заправки	Нет заправки
	0	72,1	72,4	70,6	70,7	69,6	68,6	67,1	65,7	64,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	71,5	71,9	70,0	70,0	68,4	66,5	64,4	62,9	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	70,9	71,3	71,0	69,5	68,0	65,7	62,4	60,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	70,1	70,6	70,4	69,0	67,4	65,2	61,8	58,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	69,6	70,2	70,0	68,5	66,9	64,8	61,5	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.3 — Целевые показатели давления заправки без связи на основе формулы МС (H70-T40, категория емкости СХКВ С)

H70-T40: категория емкости СХКВ С без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	78,3	78,3	77,7	77,2	77,1	76,3	75,8	75,1	74,2	72,8	Нет заправки
	45	77,8	78,1	77,6	77,0	77,2	76,4	76,0	75,1	74,2	72,8	Нет заправки
	40	77,6	77,9	77,3	76,7	77,0	76,2	75,9	75,0	74,2	72,7	Нет заправки
	35	77,0	77,4	76,8	76,2	76,6	75,8	75,6	74,8	74,0	72,7	Нет заправки
	30	76,3	76,7	76,0	76,2	75,7	74,8	74,5	73,6	72,7	71,3	Нет заправки
	25	75,5	75,9	75,2	75,3	74,8	73,7	73,4	72,3	71,3	Нет заправки	Нет заправки
	20	74,8	75,0	74,1	74,3	73,7	72,5	72,1	71,0	69,9	Нет заправки	Нет заправки
	10	73,1	73,1	72,0	72,3	71,6	70,8	69,6	68,6	67,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	71,6	71,6	71,2	70,2	69,4	68,4	67,1	65,8	64,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	70,9	70,9	70,4	69,1	67,7	66,0	64,4	63,0	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	70,2	70,2	69,7	68,4	67,1	64,9	62,0	60,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	69,3	69,3	68,9	67,7	66,3	64,3	61,4	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	68,8	68,8	68,4	67,2	65,9	63,9	61,1	58,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.4 — Целевые показатели давления заправки без связи на основе формулы MC (H70-T30, категория емкости СХКВ А)

H70-T40: категория емкости СХКВ А без связи		Формула MC — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	80,0	78,4	77,8	77,1	76,7	75,7	74,9	74,3	73,6	72,8	Нет заправки
	45	76,7	76,6	76,1	75,9	75,6	75,1	74,7	74,3	73,6	72,7	Нет заправки
	40	76,2	76,2	75,8	75,7	75,5	75,0	74,8	74,2	73,6	72,7	Нет заправки
	35	75,8	75,9	75,5	75,5	75,3	74,8	74,6	74,1	73,5	72,6	Нет заправки
	30	74,9	75,2	74,7	74,7	74,5	73,9	73,6	72,9	72,2	71,3	Нет заправки
	25	74,2	74,5	73,9	74,0	73,7	72,9	72,5	71,6	70,9	Нет заправки	Нет заправки
	20	73,5	73,9	73,1	73,3	72,8	71,8	71,4	70,6	69,5	Нет заправки	Нет заправки
	10	72,2	72,8	71,6	71,7	71,0	70,2	69,1	68,0	66,7	Нет заправки	Нет заправки
	0	71,9	72,7	70,9	70,8	69,6	68,3	66,7	65,4	63,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	71,4	72,3	70,3	70,2	68,6	66,5	64,1	62,6	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	71,0	71,6	71,2	69,7	68,1	65,7	62,3	59,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	70,3	70,8	70,5	69,0	67,4	65,1	61,8	58,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	70,0	70,3	70,0	68,5	67,0	64,7	61,5	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.5 — Целевые показатели давления заправки без связи на основе формулы MC (H70-T30, категория емкости СХКВ В)

H70-T40: категория емкости СХКВ В без связи		Формула MC — целевое давление, $P_{target_non_comm}$, МПа										
		Начальное давление, $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	79,0	78,3	77,6	77,0	76,6	75,7	75,0	74,4	73,8	72,8	Нет заправки
	45	77,2	77,1	76,6	76,3	76,0	75,4	75,0	74,5	73,8	72,7	Нет заправки
	40	76,6	76,7	76,2	76,1	75,8	75,3	75,0	74,5	73,8	72,7	Нет заправки
	35	76,1	76,2	75,8	75,7	75,5	75,0	74,8	74,3	73,7	72,7	Нет заправки
	30	75,3	75,5	75,0	75,0	74,7	74,1	73,8	73,1	72,4	71,3	Нет заправки
	25	74,5	74,8	74,2	74,3	73,9	73,1	72,8	71,9	71,1	Нет заправки	Нет заправки
	20	73,7	74,2	73,4	73,6	73,1	72,1	71,7	70,6	69,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	72,2	72,9	71,7	71,9	71,3	70,5	69,4	68,3	66,9	Нет заправки	Нет заправки
	0	71,7	72,6	70,8	70,7	69,6	68,6	67,1	65,7	64,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	71,2	72,1	71,5	70,1	68,5	66,4	64,4	62,9	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	70,6	71,6	71,1	69,6	68,0	65,6	62,4	60,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	69,9	70,8	70,5	69,0	67,4	65,1	61,8	58,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	69,5	70,3	70,0	68,5	67,0	64,7	61,5	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.6 — Целевые показатели давления заправки без связи на основе формулы MC (H70-T30, категория емкости СХКВ С)

H70-T30: категория емкости СХКВ С без связи		Формула MC — целевое давление, $P_{target_non_comm}$, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	79,1	78,8	78,2	77,5	77,1	76,2	75,5	74,8	74,0	72,8	Нет заправки
	45	78,0	78,0	77,4	76,8	76,6	75,9	75,4	74,8	74,0	72,8	Нет заправки
	40	77,4	77,5	77,0	76,8	76,4	75,8	75,4	74,7	74,0	72,7	Нет заправки
	35	76,8	77,0	76,4	76,3	76,0	75,4	75,1	74,5	73,9	72,7	Нет заправки
	30	75,9	76,2	75,6	75,6	75,2	74,4	74,1	73,4	72,6	71,3	Нет заправки
	25	75,1	75,5	74,8	74,8	74,4	73,4	73,0	72,2	71,3	Нет заправки	Нет заправки
	20	74,3	74,8	74,1	74,1	73,5	72,4	72,0	70,9	69,9	Нет заправки	Нет заправки
	10	72,7	73,4	72,3	72,4	71,7	70,9	69,7	68,6	67,1	Нет заправки	Нет заправки
	0	71,8	72,3	71,8	70,7	69,8	68,7	67,2	65,9	64,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	71,1	71,5	71,0	69,6	68,1	66,3	64,6	63,1	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	70,5	70,8	70,3	68,9	67,5	65,2	62,2	60,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	69,7	69,9	69,5	68,2	66,7	64,6	61,5	58,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	69,3	69,4	69,0	67,7	66,3	64,2	61,2	58,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.7 — Целевые показатели давления заправки без связи на основе формулы МС (H70-T20, категория емкости СХКВ А)

H70-T20: категория емкости СХКВ А без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	81,5	80,7	80,0	79,3	78,6	77,3	76,1	75,0	73,9	72,8	Нет заправки
	45	77,7	77,3	76,7	76,2	75,8	75,1	74,6	74,1	73,6	72,7	Нет заправки
	40	76,6	76,5	76,0	75,7	75,4	74,9	74,6	74,1	73,6	72,7	Нет заправки
	35	76,0	76,0	75,6	75,4	75,1	74,6	74,4	74,0	73,5	72,7	Нет заправки
	30	75,0	75,1	74,6	74,4	74,1	73,6	73,3	72,8	72,2	71,3	Нет заправки
	25	74,1	74,2	73,7	73,6	73,2	72,6	72,3	71,6	70,9	Нет заправки	Нет заправки
	20	73,2	73,5	72,8	72,8	72,4	71,5	71,2	70,4	69,5	Нет заправки	Нет заправки
	10	71,8	72,3	71,8	71,1	70,6	69,8	68,9	67,9	66,8	Нет заправки	Нет заправки
	0	71,4	72,2	71,4	70,2	69,2	67,9	66,5	65,3	63,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	70,9	71,7	71,0	69,6	68,1	66,0	63,9	62,6	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	70,4	71,3	70,6	69,2	67,7	65,3	62,2	59,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	69,7	70,6	70,1	68,7	67,2	64,9	61,7	58,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	69,4	70,4	69,9	68,4	66,9	64,6	61,5	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.8 — Целевые показатели давления заправки без связи на основе формулы МС (H70-T20, категория емкости СХКВ В)

H70-T20: категория емкости СХКВ В без связи		Формула МС — целевое давление, $P_{target_non_comm}$, МПа										
		Начальное давление, $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	81,7	80,3	79,5	78,8	78,1	76,9	75,7	74,7	73,8	72,8	Нет заправки
	45	78,1	77,8	77,1	76,6	76,2	75,4	74,8	74,2	73,7	72,7	Нет заправки
	40	77,0	76,9	76,4	76,0	75,6	75,0	74,6	74,2	73,7	72,7	Нет заправки
	35	76,4	76,3	75,8	75,5	75,2	74,7	74,4	74,0	73,6	72,7	Нет заправки
	30	75,3	75,4	74,8	74,6	74,2	73,6	73,4	72,9	72,3	71,3	Нет заправки
	25	74,3	74,5	73,8	73,7	73,3	72,6	72,3	71,7	71,0	Нет заправки	Нет заправки
	20	73,3	73,6	72,9	72,8	72,4	71,6	71,3	70,6	69,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	71,7	72,2	71,7	71,1	70,6	69,9	69,0	68,1	66,9	Нет заправки	Нет заправки
	0	71,1	71,9	71,1	70,0	69,0	68,0	66,8	65,6	64,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	70,4	71,3	70,6	69,2	67,8	65,8	64,2	62,8	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	69,8	70,8	70,1	68,8	67,3	65,0	62,0	59,9	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	69,0	70,0	69,5	68,1	66,7	64,5	61,5	58,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	68,7	69,7	69,2	67,8	66,4	64,2	61,2	58,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.9 — Целевые показатели давления заправки без связи на основе формулы МС (H70-T20, категория емкости СХКВ С)

H70-T20: категория емкости СХКВ С без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	81,4	80,3	79,5	78,8	78,1	76,8	75,7	74,7	73,9	72,8	Нет заправки
	45	78,8	78,6	77,9	77,2	76,8	75,8	75,1	74,4	73,8	72,8	Нет заправки
	40	77,7	77,7	77,0	76,6	76,1	75,4	74,9	74,4	73,8	72,8	Нет заправки
	35	77,0	77,0	76,4	76,0	75,6	74,9	74,6	74,1	73,7	72,7	Нет заправки
	30	75,9	76,1	75,5	75,0	74,6	73,9	73,5	73,0	72,4	71,3	Нет заправки
	25	74,9	75,2	74,6	74,1	73,7	72,9	72,5	71,8	71,1	Нет заправки	Нет заправки
	20	74,0	74,5	73,8	73,3	72,8	71,9	71,4	70,6	69,8	Нет заправки	Нет заправки
	10	72,1	73,0	72,2	71,6	71,0	70,1	69,2	68,3	67,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	71,1	72,4	71,2	70,2	69,4	68,3	67,0	65,8	64,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	70,4	71,3	70,5	69,2	67,8	66,0	64,4	63,0	61,2	Нет заправки	Нет заправки
	–20	69,7	70,7	70,0	68,7	67,3	64,9	62,0	60,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	68,8	69,9	69,3	68,0	66,6	64,4	61,4	58,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	68,4	69,5	68,9	67,6	66,2	64,0	61,2	58,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.10 — Целевые показатели давления заправки без связи на основе формулы MC (H70, категория емкости CXKB D)

H70: категория емкости CXKB D без связи		Формула MC — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	73,6	72,6	72,2	71,9	71,9	71,5	71,2	71,0	71,2	71,9	Нет заправки
	45	73,1	72,6	71,8	71,6	71,5	71,2	71,0	70,9	71,1	71,9	Нет заправки
	40	71,3	72,2	71,4	71,2	71,2	70,9	70,8	70,8	71,1	71,9	Нет заправки
	35	71,4	71,3	71,1	70,9	70,8	70,6	70,6	70,7	71,0	71,9	Нет заправки
	30	70,5	71,0	70,2	70	69,9	69,6	69,5	69,6	69,9	70,8	Нет заправки
	25	68,6	69,6	69,3	69,0	68,9	68,6	68,4	68,5	68,8	Нет заправки	Нет заправки
	20	67,1	68,8	68,4	68,1	67,9	67,5	67,4	67,4	67,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	64,7	67,3	66,3	65,9	65,6	65,1	64,7	64,5	64,6	Нет заправки	Нет заправки
	0	60,4	66,8	65,9	64,9	64,0	63,4	63,0	62,9	63,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	60,4	66,3	65,4	64,5	63,5	61,5	60,8	60,6	60,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	60,0	65,8	65,0	64,1	63,0	61,2	59,4	57,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	60,2	65,3	64,5	63,7	62,7	61,0	59,3	57,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	60,2	64,8	64,1	63,3	62,4	60,7	59,1	57,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

М.1.2 Таблицы целевых показателей давления заправки без связи с формулой МС — H35

Таблицы целевых значений М.11—М.19 давления заправки без связи по формуле МС для класса давления H35.

Таблица М.11 — Целевые значения давления заправки без связи на основе формулы МС (H35—T40, категория емкости СХКВ А)

H35-T40: категория емкости СХКВ А без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	40,0	39,8	39,5	39,1	38,7	37,6	36,7	Нет заправки
	45	39,9	40,0	39,7	39,4	39,0	37,8	36,7	Нет заправки
	40	40,1	40,2	39,9	39,6	39,2	37,9	36,7	Нет заправки
	35	40,1	40,2	40,0	39,6	39,2	37,9	36,7	Нет заправки
	30	39,8	39,9	39,6	39,2	38,7	37,2	35,9	Нет заправки
	25	39,5	39,7	39,3	38,8	38,2	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	20	39,2	39,4	38,9	38,4	37,7	35,8	Нет заправки	Нет заправки
	10	38,6	38,8	38,2	37,5	36,6	34,2	Нет заправки	Нет заправки
	0	37,9	38,0	37,2	36,3	35,3	32,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	37,1	37,1	36,2	35,1	33,9	30,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	36,2	36,2	35,1	33,9	32,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	35,2	35,2	34,0	32,6	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	35,2	35,2	34,0	32,6	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.12 — Целевые значения давления заправки без связи на основе формулы МС (H35-T40, категория емкости СХКВ В)

H35-T40: категория емкости СХКВ В без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	38,0	38,0	37,9	37,7	37,7	37,0	36,4	Нет заправки

Окончание таблицы М.12

H35-T40: категория емкости СХКВ B без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	45	38,1	38,5	38,3	38,0	37,9	37,2	36,4	Нет заправки
	40	38,2	38,5	38,3	38,1	38,0	37,1	36,4	Нет заправки
	35	38,0	38,4	38,2	37,9	37,8	37,1	36,3	Нет заправки
	30	37,8	38,2	37,8	37,5	37,4	36,4	35,7	Нет заправки
	25	37,5	38,0	37,5	37,1	36,9	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	20	37,3	37,7	37,2	36,6	36,4	35,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	36,7	37,2	36,4	35,7	35,2	33,5	Нет заправки	Нет заправки
	0	36,2	36,4	35,4	34,5	34,0	32,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	36,0	36,0	34,7	33,3	32,7	30,6	Нет заправки	Нет заправки
	–20	35,7	35,7	34,4	32,8	31,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	35,4	35,4	34,0	32,5	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	35,1	35,1	33,8	32,3	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.13 — Целевые значения давления заправки без связи на основе формулы МС (H35-T40, категория емкости СХКВ C)

H35-T40: категория емкости СХКВ C без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	38,5	38,5	38,3	38,1	37,9	37,2	36,4	Нет заправки
	45	38,5	38,7	38,5	38,2	38,1	37,2	36,4	Нет заправки
	40	38,5	38,8	38,5	38,2	38,1	37,1	36,4	Нет заправки

Окончание таблицы М.13

H35-T40: категория емкости СХКВ С без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	35	38,4	38,6	38,3	38,0	37,9	37,1	36,3	Нет заправки
	30	38,1	38,4	38,0	37,6	37,4	36,4	35,7	Нет заправки
	25	37,8	38,0	37,6	37,1	36,9	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	20	37,5	37,6	37,1	36,6	36,3	35,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	36,7	36,7	36,1	35,4	35,1	33,5	Нет заправки	Нет заправки
	0	35,9	35,9	35,1	34,3	33,9	32,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	35,5	35,5	34,3	33,1	32,6	30,6	Нет заправки	Нет заправки
	–20	35,2	35,3	34,0	32,5	31,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	34,9	34,9	33,6	32,6	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	34,7	34,7	33,4	32,4	31,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.14 — Целевые значения давления заправки без связи на основе формулы МС (H35-T30, категория емкости СХКВ А)

H35-T30: категория емкости СХКВ А без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	40,5	40,2	39,7	39,2	38,7	37,5	36,7	Нет заправки
	45	40,0	40,1	39,7	39,3	38,9	37,7	36,7	Нет заправки
	40	40,1	40,2	39,9	39,5	39,1	37,9	36,7	Нет заправки
	35	40,2	40,3	39,9	39,6	39,1	37,9	36,7	Нет заправки
	30	39,8	39,9	39,6	39,2	38,7	37,2	35,9	Нет заправки

Окончание таблицы М.14

H35-T30: категория емкости СХКВ А без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	25	39,4	39,7	39,2	38,7	38,2	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	20	39,1	39,4	38,9	38,3	37,7	35,8	Нет заправки	Нет заправки
	10	38,4	38,7	38,1	37,4	36,5	34,2	Нет заправки	Нет заправки
	0	37,8	38,3	37,4	36,5	35,4	32,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	37,0	37,5	36,5	35,3	34,1	30,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	36,2	36,6	35,4	34,1	32,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	35,4	35,7	34,3	32,8	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	35,5	35,7	34,3	32,8	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.15 — Целевые значения давления заправки без связи на основе формулы МС (H35-T30, категория емкости СХКВ В)

H35-T30: категория емкости СХКВ В без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	38,3	38,1	37,9	37,6	37,5	37,0	36,4	Нет заправки
	45	37,9	38,3	38,1	37,9	37,7	37,1	36,4	Нет заправки
	40	38,0	38,3	38,1	37,9	37,8	37,1	36,4	Нет заправки
	35	37,8	38,1	37,9	37,7	37,7	37,0	36,3	Нет заправки
	30	37,5	37,9	37,6	37,3	37,2	36,4	35,7	Нет заправки
	25	37,2	37,7	37,3	36,9	36,7	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	20	36,9	37,4	37,0	36,5	36,3	35,0	Нет заправки	Нет заправки

Окончание таблицы М.15

H35-T30: категория емкости СХКВ B без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	10	36,3	36,9	36,2	35,5	35,2	33,5	Нет заправки	Нет заправки
	0	36,0	36,6	35,5	34,6	34,1	32,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	35,7	36,3	34,8	33,4	32,8	30,6	Нет заправки	Нет заправки
	–20	35,5	36,1	34,6	32,9	31,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	35,2	35,8	34,3	32,7	31,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	35,1	35,5	34,1	32,5	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.16 — Целевые значения давления заправки без связи на основе формулы МС (H35-T30, категория емкости СХКВ C)

H35-T30: категория емкости СХКВ C без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	38,4	38,4	38,1	37,9	37,7	37,1	36,4	Нет заправки
	45	38,2	38,4	38,1	37,9	37,8	37,1	36,4	Нет заправки
	40	38,2	38,4	38,2	37,9	37,8	37,1	36,4	Нет заправки
	35	38,0	38,2	38,0	37,8	37,7	37,0	36,3	Нет заправки
	30	37,7	37,9	37,7	37,4	37,2	36,4	35,7	Нет заправки
	25	37,4	37,7	37,3	36,9	36,8	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	20	37,1	37,4	37,0	36,5	36,3	35,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	36,4	36,9	36,2	35,5	35,2	33,5	Нет заправки	Нет заправки
	0	36,0	36,3	35,4	34,5	34,0	32,0	Нет заправки	Нет заправки

Окончание таблицы М.16

H35-T30: категория емкости СХКВ С без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	–10	35,7	35,9	34,6	33,2	32,7	30,6	Нет заправки	Нет заправки
	–20	35,4	35,6	34,3	32,7	31,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	35,1	35,3	33,9	32,3	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	35,0	35,0	33,7	32,6	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.17 — Целевые значения давления заправки без связи на основе формулы МС (H35-T20, категория емкости СХКВ А)

H35-T20: категория емкости СХКВ А без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	40,9	40,7	40,1	39,5	38,9	37,5	36,6	Нет заправки
	45	40,2	40,2	39,7	39,3	38,8	37,6	36,7	Нет заправки
	40	40,1	40,2	39,8	39,4	38,9	37,8	36,7	Нет заправки
	35	40,1	40,2	39,8	39,4	39,0	37,8	36,7	Нет заправки
	30	39,7	39,8	39,4	38,9	38,5	37,1	35,9	Нет заправки
	25	39,3	39,4	39,0	38,5	38,0	36,4	Нет заправки	Нет заправки
	20	38,9	39,1	38,6	38,1	37,4	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	38,1	38,4	37,8	37,1	36,4	34,2	Нет заправки	Нет заправки
	0	37,5	38,0	37,2	36,3	35,3	32,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	36,6	37,2	36,2	35,2	34,0	30,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	35,8	36,4	35,2	34,0	32,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Окончание таблицы М.17

H35-T20: категория емкости СХКВ А без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	–30	34,9	35,6	34,2	32,8	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	35,1	35,7	34,3	32,8	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.18 — Целевые значения давления заправки без связи на основе формулы МС (H35-T20, категория емкости СХКВ В)

H35-T20: категория емкости СХКВ В без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	39,6	38,9	38,4	37,9	37,5	36,9	36,4	Нет заправки
	45	38,1	38,3	38,0	37,7	37,5	37,0	36,4	Нет заправки
	40	37,9	38,1	37,9	37,6	37,5	37,0	36,4	Нет заправки
	35	37,6	37,9	37,7	37,5	37,4	37,0	36,4	Нет заправки
	30	37,2	37,5	37,3	37,0	36,9	36,3	35,7	Нет заправки
	25	36,8	37,2	36,9	36,6	36,5	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	20	36,4	36,9	36,5	36,2	36,0	35,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	35,7	36,3	35,7	35,2	34,9	33,5	Нет заправки	Нет заправки
	0	35,4	36,0	35,2	34,3	33,9	32,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	35,1	35,7	34,4	33,5	32,7	30,6	Нет заправки	Нет заправки
	–20	34,9	35,5	34,2	33,0	31,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	34,6	35,3	33,9	32,8	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Окончание таблицы М.18

H35-T20: категория емкости СХКВ B без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	–40	34,4	35,2	33,8	32,6	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.19 — Целевые значения давления заправки без связи на основе формулы МС (H35-T20, категория емкости СХКВ C)

H35-T20: категория емкости СХКВ C без связи		Формула МС — целевое давление $P_{target_non_comm}$, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	39,3	38,9	38,4	38,0	37,6	37,0	36,4	Нет заправки
	45	38,3	38,3	38,0	37,7	37,5	37,0	36,4	Нет заправки
	40	38,1	38,1	37,9	37,6	37,5	37,0	36,4	Нет заправки
	35	37,8	37,9	37,7	37,5	37,4	37,0	36,4	Нет заправки
	30	37,4	37,5	37,3	37,0	36,9	36,3	35,7	Нет заправки
	25	37,0	37,2	36,9	36,6	36,5	35,7	Нет заправки	Нет заправки
	20	36,6	36,9	36,5	36,1	36,0	35,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	35,8	36,3	35,7	35,2	34,9	33,5	Нет заправки	Нет заправки
	0	35,4	36,0	35,1	34,6	33,9	32,0	Нет заправки	Нет заправки
	–10	35,0	35,7	34,4	33,5	32,6	30,6	Нет заправки	Нет заправки
	–20	34,8	35,4	34,1	33,0	31,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	34,4	35,1	33,8	32,7	31,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	34,3	35,0	33,7	32,6	31,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

М.2 Таблицы пределов давления для передачи формулы МС

Таблицы М.20—М.49 должны использоваться для заправки со связью.

М.2.1 Таблицы предельных значений давления для обмена данными по формуле МС — Н70

В таблицах М.20—М.40 представлены значения предельных значений давления для заправки со связью по формуле МС для класса давления Н70.

Таблица М.20 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (Н70-Т40, категория емкости СХКВ А)

Н70-Т40: категория емкости СХКВ А со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	86,8	86,6	86,3	85,7	85,0	84,1	82,9	81,2	Нет заправки
	45	83,5	83,5	86,9	86,6	86,3	85,5	84,5	83,3	81,8	79,8	Нет заправки
	40	83,5	83,5	86,8	86,4	86,0	85,0	83,8	82,3	80,6	78,3	Нет заправки
	35	83,5	83,5	86,8	86,4	86,0	84,9	83,7	82,2	80,5	78,3	Нет заправки
	30	83,5	83,5	86,8	86,3	85,7	84,5	83,1	81,5	79,6	77,2	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,8	86,1	85,5	84,0	82,4	80,7	78,7	76,2	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,7	86,0	85,2	83,6	81,8	79,8	77,7	75,1	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,7	85,8	84,8	82,8	80,7	78,5	76,2	73,4	Нет заправки
	0	83,5	86,5	85,5	84,3	83,2	80,7	78,3	75,8	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	86,0	84,9	83,8	82,6	80,3	77,9	75,5	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	85,4	84,3	83,2	82,1	79,8	77,5	75,2	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	84,9	83,8	82,7	81,5	79,3	77,0	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	84,4	83,3	82,1	81,0	78,8	76,6	74,4	72,2	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.21 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (Н70-Т40, категория емкости СХКВ В)

Н70-Т40: категория емкости СХКВ В со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	86,9	86,7	86,4	85,7	84,9	83,9	82,7	81,1	Нет заправки
	45	83,5	83,5	86,9	86,6	86,2	85,3	84,3	83,0	81,6	79,7	Нет заправки
	40	83,5	83,5	86,9	86,4	85,9	84,7	83,5	82,0	80,3	78,3	Нет заправки
	35	83,5	83,5	86,9	86,4	85,9	84,7	83,4	81,9	80,2	78,2	Нет заправки
	30	83,5	83,5	86,8	86,3	85,6	84,3	82,8	81,2	79,4	77,2	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,8	86,1	85,4	83,8	82,2	80,4	78,5	76,1	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,8	85,9	85,1	83,3	81,5	79,6	77,5	75,1	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,8	85,7	84,7	82,6	80,5	78,3	76,1	73,4	Нет заправки
	0	83,5	86,8	85,6	84,4	83,1	80,6	78,1	75,6	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	86,4	85,2	84,0	82,8	80,4	77,9	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	86,1	84,9	83,7	82,4	80,0	77,6	75,1	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	85,7	84,5	83,3	82,1	79,6	77,2	74,9	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	85,4	84,2	83,0	81,8	79,3	77,0	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.22 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (Н70-Т40, категория емкости СХКВ С)

Н70-Т40: категория емкости СХКВ С со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	86,9	86,6	86,3	85,6	84,7	83,7	82,5	81,0	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,0	86,7	86,2	85,2	84,1	82,8	81,4	79,6	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,0	86,4	85,9	84,6	83,3	81,8	80,2	78,2	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,0	86,4	85,9	84,6	83,2	81,7	80,1	78,2	Нет заправки
	30	83,5	83,5	86,9	86,3	85,6	84,2	82,6	81,0	79,2	77,2	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,8	86,0	85,3	83,7	82,0	80,2	78,3	76,1	Нет заправки
	20	83,5	87,1	86,4	85,5	84,7	83,0	81,2	79,3	77,4	75,0	Нет заправки
	10	83,5	86,6	85,7	84,8	83,9	82,0	80,0	78,0	75,9	73,4	Нет заправки
	0	83,5	85,7	84,6	83,4	82,3	80,0	77,7	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	85,5	84,4	83,2	82,1	79,8	77,5	75,2	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	85,3	84,2	83,0	81,9	79,6	77,3	75,0	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	85,0	83,9	82,8	81,7	79,4	77,1	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	84,8	83,7	82,6	81,4	79,2	76,9	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.23 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле MC (H70-T30, категория емкости СХКВ А)

Температура окружающей среды T_{amb}, °С	H70-T30: категория емкости СХКВ А со связью	Формула MC — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	86,9	86,5	86,2	85,4	84,6	83,7	82,5	81,0	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,2	86,9	86,5	85,6	84,6	83,3	81,8	79,8	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,2	86,7	86,3	85,2	83,9	82,4	80,6	78,3	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,2	86,8	86,3	85,1	83,8	82,3	80,5	78,2	Нет заправки
	30	83,5	83,5	87,2	86,6	86,1	84,7	83,3	81,6	79,6	77,2	Нет заправки
	25	83,5	83,5	87,1	86,5	85,8	84,3	82,6	80,8	78,7	76,2	Нет заправки
	20	83,5	83,5	87,0	86,3	85,5	83,8	81,9	79,9	77,7	75,1	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,6	85,8	84,9	82,9	80,8	78,6	76,2	73,4	Нет заправки
	0	83,5	83,5	86,2	85,0	83,7	81,3	78,7	76,0	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	83,5	85,9	84,7	83,4	80,9	78,3	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	85,7	85,4	84,2	82,9	80,4	77,9	75,3	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	86,2	84,9	83,6	82,4	79,9	77,4	75,0	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	85,7	84,4	83,2	81,9	79,4	77,0	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.24 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (H70-T30, категория емкости СХКВ В)

H70-T30: категория емкости СХКВ В со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	86,9	86,6	86,3	85,6	84,7	83,7	82,6	81,0	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,2	86,8	86,4	85,4	84,3	83,1	81,6	79,7	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,1	86,6	86,1	84,9	83,6	82,1	80,3	78,2	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,2	86,6	86,1	84,9	83,5	82,0	80,3	78,2	Нет заправки
	30	83,5	83,5	87,1	86,5	85,9	84,5	82,9	81,3	79,4	77,2	Нет заправки
	25	83,5	83,5	87,1	86,4	85,6	84,0	82,3	80,5	78,5	76,1	Нет заправки
	20	83,5	83,5	87,0	86,2	85,3	83,6	81,7	79,7	77,5	75,0	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,8	85,9	84,8	82,8	80,6	78,4	76,1	73,4	Нет заправки
	0	83,5	83,5	86,4	85,1	83,8	81,2	78,5	75,9	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	83,5	86,2	84,9	83,6	81,0	78,3	75,6	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	83,5	86,1	84,7	83,4	80,7	78,0	75,4	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	83,5	85,9	84,5	83,2	80,4	77,8	75,2	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	83,5	85,8	84,4	83,0	80,2	77,6	75,0	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.25 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле MC (H70-T30, категория емкости СХКВ С)

H70-T30: категория емкости СХКВ С со связью		Формула MC — предел давления, P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление, $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,1	86,8	86,4	85,6	84,7	83,7	82,5	81,0	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,1	86,7	86,3	85,3	84,1	82,8	81,4	79,6	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,0	86,5	86,0	84,7	83,4	81,8	80,2	78,1	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,1	86,5	86,0	84,7	83,3	81,8	80,1	78,1	Нет заправки
	30	83,5	83,5	87,0	86,4	85,7	84,3	82,7	81,1	79,2	77,1	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,9	86,2	85,5	83,9	82,1	80,3	78,3	76,1	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,8	86,0	85,2	83,4	81,5	79,5	77,4	75,0	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,8	85,7	84,7	82,6	80,5	78,3	76,0	73,4	Нет заправки
	0	83,5	87,3	86,0	84,7	83,5	80,9	78,3	75,7	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	87,0	85,8	84,5	83,2	80,7	78,1	75,5	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	86,8	85,6	84,3	83,0	80,4	77,9	75,3	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	86,6	85,3	84,1	82,8	80,2	77,7	75,1	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	86,4	85,2	83,9	82,6	80,0	77,5	75,0	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.26 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (H70-T20, категория емкости СХКВ А)

H70-T20: категория емкости СХКВ А со связью		Формула МС — предел давления, P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление, $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,0	86,5	86,1	85,2	84,2	83,1	81,9	80,6	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,2	86,8	86,4	85,4	84,4	83,2	81,7	79,7	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,0	86,6	86,1	85,0	83,8	82,3	80,5	78,3	Нет заправки
	35	83,5	83,5	86,9	86,4	86,0	84,9	83,7	82,2	80,5	78,2	Нет заправки
	30	83,5	83,5	86,7	86,2	85,7	84,5	83,2	81,5	79,6	77,2	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,6	86,0	85,4	84,1	82,6	80,8	78,7	76,1	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,4	85,8	85,1	83,6	81,9	80,0	77,7	75,0	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,1	85,4	84,5	82,7	80,8	78,6	76,2	73,4	Нет заправки
	0	83,5	83,5	85,7	84,6	83,4	81,1	78,6	76,0	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	83,5	85,5	84,3	83,2	80,8	78,3	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	83,5	85,3	84,1	82,9	80,4	77,9	75,4	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	83,5	85,1	83,9	82,6	80,1	77,6	75,1	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	83,5	84,9	83,6	82,3	79,8	77,3	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.27 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле MC (H70-T20, категория емкости СХКВ B)

H70-T20: категория емкости СХКВ B со связью		Формула MC — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,0	86,6	86,2	85,3	84,4	83,4	82,3	80,9	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,3	86,9	86,4	85,4	84,3	83,0	81,5	79,7	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,1	86,7	86,1	85,0	83,6	82,1	80,3	78,2	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,1	86,6	86,1	84,9	83,5	82,0	80,3	78,1	Нет заправки
	30	83,5	83,5	86,9	86,4	85,8	84,5	83,0	81,3	79,4	77,1	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,8	86,2	85,5	84,1	82,4	80,5	78,5	76,1	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,7	86,0	85,2	83,6	81,8	79,8	77,6	75,0	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,5	85,6	84,7	82,8	80,8	78,5	76,1	73,4	Нет заправки
	0	83,5	83,5	86,1	84,9	83,7	81,2	78,7	76,0	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	83,5	86,0	84,8	83,5	81,0	78,4	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	83,5	85,9	84,6	83,3	80,8	78,1	75,5	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	83,5	85,7	84,5	83,2	80,6	77,9	75,3	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	83,5	85,6	84,3	83,0	80,3	77,7	75,1	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.28 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (H70-T20, категория емкости СХКВ С)

H70-T20: категория емкости СХКВ С со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,0	86,6	86,2	85,4	84,5	83,4	82,3	80,9	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,2	86,7	86,3	85,2	84,1	82,8	81,3	79,6	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,2	86,6	86,0	84,8	83,4	81,9	80,2	78,1	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,2	86,6	86,0	84,8	83,4	81,8	80,1	78,1	Нет заправки
	30	83,5	83,5	87,1	86,5	85,8	84,4	82,8	81,1	79,3	77,1	Нет заправки
	25	83,5	83,5	87,1	86,4	85,6	84,0	82,3	80,4	78,4	76,0	Нет заправки
	20	83,5	83,5	87,0	86,2	85,3	83,6	81,7	79,6	77,5	75,0	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,9	85,9	84,9	82,8	80,7	78,4	76,0	73,4	Нет заправки
	0	83,5	83,5	86,5	85,3	84,0	81,3	78,6	75,9	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	83,5	86,4	85,1	83,8	81,2	78,5	75,8	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	83,5	86,4	85,0	83,7	81,0	78,3	75,6	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	83,5	86,3	84,9	83,6	80,9	78,2	75,5	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	83,5	86,2	84,9	83,5	80,8	78,0	75,3	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.29 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (Н70-Т40, категория емкости СХКВ D)

Н70-Т40 категория емкости СХКВ D со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	86,9	86,6	86,3	85,6	84,7	83,7	82,5	81,0	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,0	86,7	86,2	85,2	84,1	82,8	81,4	79,6	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,0	86,4	85,9	84,6	83,3	81,8	80,2	78,2	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,0	86,4	85,9	84,6	83,2	81,7	80,1	78,2	Нет заправки
	30	83,5	83,5	86,9	86,3	85,6	84,2	82,6	81,0	79,2	77,2	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,8	86,0	85,3	83,7	82,0	80,2	78,3	76,1	Нет заправки
	20	83,5	87,1	86,4	85,5	84,7	83,0	81,2	79,3	77,4	75,0	Нет заправки
	10	83,5	86,6	85,7	84,8	83,9	82,0	80,0	78,0	75,9	73,4	Нет заправки
	0	83,5	85,7	84,6	83,4	82,3	80,0	77,7	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	85,5	84,4	83,2	82,1	79,8	77,5	75,2	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	85,3	84,2	83,0	81,9	79,6	77,3	75,0	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	85,0	83,9	82,8	81,7	79,4	77,1	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	84,8	83,7	82,6	81,4	79,2	76,9	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.30 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (Н70-Т30, категория емкости СХКВ D)

Н70-Т30: категория емкости СХКВ D со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,1	86,8	86,4	85,6	84,7	83,7	82,5	81,0	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,1	86,7	86,3	85,3	84,1	82,8	81,4	79,6	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,0	86,5	86,0	84,7	83,4	81,8	80,2	78,1	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,1	86,5	86,0	84,7	83,3	81,8	80,1	78,1	Нет заправки
	30	83,5	83,5	87,0	86,4	85,7	84,3	82,7	81,1	79,2	77,1	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,9	86,2	85,5	83,9	82,1	80,3	78,3	76,1	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,8	86,0	85,2	83,4	81,5	79,5	77,4	75,0	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,8	85,7	84,7	82,6	80,5	78,3	76,0	73,4	Нет заправки
	0	83,5	87,3	86,0	84,7	83,5	80,9	78,3	75,7	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	87,0	85,8	84,5	83,2	80,7	78,1	75,5	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	86,8	85,6	84,3	83,0	80,4	77,9	75,3	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	86,6	85,3	84,1	82,8	80,2	77,7	75,1	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	86,4	85,2	83,9	82,6	80,0	77,5	75,0	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.31 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (Н70-Т20, категория емкости СХКВ D)

Н70-Т20: категория емкости СХКВ D со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,0	86,6	86,2	85,4	84,5	83,4	82,3	80,9	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,2	86,7	86,3	85,2	84,1	82,8	81,3	79,6	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,2	86,6	86,0	84,8	83,4	81,9	80,2	78,1	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,2	86,6	86,0	84,8	83,4	81,8	80,1	78,1	Нет заправки
	30	83,5	83,5	87,1	86,5	85,8	84,4	82,8	81,1	79,3	77,1	Нет заправки
	25	83,5	83,5	87,1	86,4	85,6	84,0	82,3	80,4	78,4	76,0	Нет заправки
	20	83,5	83,5	87,0	86,2	85,3	83,6	81,7	79,6	77,5	75,0	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,9	85,9	84,9	82,8	80,7	78,4	76,0	73,4	Нет заправки
	0	83,5	83,5	86,5	85,3	84,0	81,3	78,6	75,9	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	83,5	86,4	85,1	83,8	81,2	78,5	75,8	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	83,5	86,4	85,0	83,7	81,0	78,3	75,6	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	83,5	86,3	84,9	83,6	80,9	78,2	75,5	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	83,5	86,2	84,9	83,5	80,8	78,0	75,3	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.32 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (H70-T40, холодная заправка, категория емкости СХКВ А)

H70-T40: категория емкости СХКВ А со связью ХД		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	86,9	86,7	86,4	85,7	84,8	83,7	82,4	80,8	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,0	86,7	86,2	85,3	84,1	82,8	81,3	79,5	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,0	86,4	85,9	84,7	83,3	81,8	80,1	78,1	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,0	86,5	85,9	84,7	83,3	81,8	80,1	78,0	Нет заправки
	30	83,5	83,5	86,9	86,3	85,7	84,2	82,7	81,1	79,2	77,0	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,9	86,2	85,4	83,8	82,1	80,3	78,4	76,0	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,9	86,0	85,2	83,4	81,5	79,6	77,5	75,0	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,7	85,7	84,7	82,6	80,5	78,4	76,1	73,3	Нет заправки
	0	83,5	86,5	85,5	84,3	83,2	80,7	78,3	75,8	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	86,0	84,9	83,8	82,6	80,3	77,9	75,5	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	85,4	84,3	83,2	82,1	79,8	77,5	75,2	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	84,9	83,8	82,7	81,5	79,3	77,0	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	84,4	83,3	82,1	81,0	78,8	76,6	74,4	72,2	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.33 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (Н70-Т40, холодная заправка, категория емкости СХКВ В)

Н70-Т40: категория емкости СХКВ В со связью ХД		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,0	86,7	86,4	85,5	84,6	83,5	82,2	80,7	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,1	86,6	86,1	85,1	83,9	82,6	81,1	79,4	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,0	86,4	85,8	84,5	83,1	81,5	79,9	78,0	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,0	86,4	85,8	84,5	83,0	81,5	79,9	78,0	Нет заправки
	30	83,5	83,5	87,0	86,3	85,5	84,0	82,5	80,8	79,0	77,0	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,9	86,1	85,3	83,6	81,9	80,1	78,2	76,0	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,9	86,0	85,0	83,2	81,3	79,3	77,3	74,9	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,6	85,6	84,5	82,4	80,3	78,1	75,9	73,3	Нет заправки
	0	83,5	86,8	85,6	84,4	83,1	80,6	78,1	75,6	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	86,4	85,2	84,0	82,8	80,4	77,9	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	86,1	84,9	83,7	82,4	80,0	77,6	75,1	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	85,7	84,5	83,3	82,1	79,6	77,2	74,9	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	85,4	84,2	83,0	81,8	79,3	77,0	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.34 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (Н70-Т40, холодная заправка, категория емкости СХКВ С)

Н70-Т40: категория емкости СХКВ С со связью ХД		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,1	86,7	86,3	85,5	84,5	83,4	82,1	80,7	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,1	86,6	86,1	85,0	83,7	82,4	81,0	79,3	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,0	86,4	85,7	84,4	82,9	81,4	79,8	77,9	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,0	86,4	85,7	84,4	82,9	81,4	79,7	77,9	Нет заправки
	30	83,5	83,5	86,8	86,1	85,3	83,8	82,3	80,6	78,9	77,0	Нет заправки
	25	83,5	87,2	86,4	85,7	84,9	83,3	81,6	79,8	78,0	75,9	Нет заправки
	20	83,5	86,9	86,1	85,3	84,4	82,7	80,9	79,0	77,1	74,9	Нет заправки
	10	83,5	86,5	85,6	84,6	83,7	81,8	79,8	77,8	75,7	73,3	Нет заправки
	0	83,5	85,7	84,6	83,4	82,3	80,0	77,7	75,4	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	85,5	84,4	83,2	82,1	79,8	77,5	75,2	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	85,3	84,2	83,0	81,9	79,6	77,3	75,0	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	85,0	83,9	82,8	81,7	79,4	77,1	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	84,8	83,7	82,6	81,4	79,2	76,9	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.35 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле MC (H70-T30, холодная заправка, категория емкости СХКВА)

H70-T30: категория емкости СХКВ А со связью ХД		Формула MC — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,3	86,9	86,6	85,8	84,9	83,7	82,4	80,8	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,3	86,9	86,5	85,4	84,2	82,9	81,3	79,5	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,1	86,6	86,1	84,9	83,5	81,9	80,1	78,0	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,1	86,6	86,1	84,8	83,4	81,9	80,1	78,0	Нет заправки
	30	83,5	83,5	87,0	86,4	85,8	84,4	82,8	81,1	79,2	77,0	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,9	86,2	85,5	84,0	82,3	80,4	78,4	76,0	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,7	86,0	85,2	83,5	81,6	79,6	77,5	75,0	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,5	85,6	84,7	82,8	80,7	78,4	76,1	73,3	Нет заправки
	0	83,5	83,5	86,2	85,0	83,7	81,3	78,7	76,0	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	83,5	85,9	84,7	83,4	80,9	78,3	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	83,5	85,4	84,2	82,9	80,4	77,9	75,3	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	86,2	84,9	83,6	82,4	79,9	77,4	75,0	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	85,7	84,4	83,2	81,9	79,4	77,0	74,6	72,3	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.36 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (Н70-Т30, холодная заправка, категория емкости СХКВ В)

Н70-Т30: категория емкости СХКВ В со связью ХД		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,3	86,9	86,5	85,7	84,7	83,6	82,3	80,7	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,3	86,9	86,4	85,3	84,0	82,7	81,1	79,4	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,2	86,7	86,0	84,7	83,2	81,7	79,9	78,0	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,2	86,6	86,0	84,7	83,2	81,6	79,9	77,9	Нет заправки
	30	83,5	83,5	87,1	86,5	85,8	84,3	82,7	80,9	79,1	77,0	Нет заправки
	25	83,5	83,5	87,0	86,3	85,5	83,8	82,1	80,2	78,2	76,0	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,9	86,1	85,2	83,4	81,4	79,4	77,3	74,9	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,7	85,8	84,8	82,7	80,5	78,3	76,0	73,3	Нет заправки
	0	83,5	83,5	86,4	85,1	83,8	81,2	78,5	75,9	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	83,5	86,2	84,9	83,6	81,0	78,3	75,6	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	83,5	86,1	84,7	83,4	80,7	78,0	75,4	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	83,5	85,9	84,5	83,2	80,4	77,8	75,2	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	83,5	85,8	84,4	83,0	80,2	77,6	75,0	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.37 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (Н70-Т30, холодная заправка, категория емкости СХКВ С)

Н70-Т30: категория емкости СХКВ С со связью ХД		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,1	86,8	86,4	85,5	84,5	83,4	82,1	80,6	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,2	86,7	86,2	85,1	83,9	82,5	81,0	79,3	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,1	86,5	85,9	84,5	83,1	81,5	79,8	77,9	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,1	86,5	85,9	84,5	83,1	81,5	79,8	77,9	Нет заправки
	30	83,5	83,5	87,0	86,4	85,6	84,1	82,5	80,8	78,9	76,9	Нет заправки
	25	83,5	83,5	87,0	86,2	85,4	83,7	81,9	80,1	78,1	75,9	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,9	86,0	85,1	83,2	81,3	79,3	77,2	74,9	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,8	85,7	84,7	82,6	80,4	78,2	75,9	73,3	Нет заправки
	0	83,5	87,3	86,0	84,7	83,5	80,9	78,3	75,7	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	87,0	85,8	84,5	83,2	80,7	78,1	75,5	72,9	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	86,8	85,6	84,3	83,0	80,4	77,9	75,3	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	86,6	85,3	84,1	82,8	80,2	77,7	75,1	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	86,4	85,2	83,9	82,6	80,0	77,5	75,0	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.38 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (H70-T20, холодная заправка, категория емкости СХКВ А)

H70-T20: категория емкости СХКВ А со связью ХД		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,1	86,7	86,2	85,3	84,3	83,2	82,0	80,6	Нет заправки
	45	83,5	83,5	86,8	86,3	85,9	84,9	83,8	82,6	81,1	79,4	Нет заправки
	40	83,5	83,5	86,5	86,0	85,5	84,4	83,1	81,7	80,0	78,0	Нет заправки
	35	83,5	83,5	86,5	86,0	85,5	84,4	83,1	81,7	80,0	78,0	Нет заправки
	30	83,5	83,5	86,3	85,8	85,2	84,0	82,6	81,0	79,2	77,0	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,2	85,6	85,0	83,6	82,0	80,3	78,3	76,0	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,1	85,4	84,7	83,2	81,5	79,6	77,5	74,9	Нет заправки
	10	83,5	83,5	85,9	85,1	84,2	82,4	80,5	78,4	76,1	73,3	Нет заправки
	0	83,5	83,5	85,6	84,5	83,4	81,0	78,6	76,0	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	83,5	85,4	84,2	83,1	80,7	78,2	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	83,5	85,2	84,0	82,8	80,3	77,9	75,4	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	83,5	85,0	83,7	82,5	80,0	77,6	75,1	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	83,5	84,8	83,5	82,2	79,7	77,2	74,8	72,4	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.39 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (Н70-Т20, холодная заправка, категория емкости СХКВ В)

Н70-Т20: категория емкости СХКВ В со связью ХД		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,2	86,8	86,4	85,5	84,5	83,4	82,2	80,7	Нет заправки
	45	83,5	83,5	86,8	86,4	86,0	85,0	83,8	82,6	81,1	79,3	Нет заправки
	40	83,5	83,5	86,7	86,2	85,7	84,5	83,2	81,6	79,9	77,9	Нет заправки
	35	83,5	83,5	86,7	86,2	85,7	84,5	83,1	81,6	79,9	77,9	Нет заправки
	30	83,5	83,5	86,6	86,0	85,4	84,1	82,6	80,9	79,1	76,9	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,5	85,9	85,2	83,7	82,1	80,2	78,2	75,9	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,4	85,7	84,9	83,3	81,5	79,5	77,3	74,9	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,3	85,4	84,5	82,6	80,5	78,4	76,0	73,3	Нет заправки
	0	83,5	83,5	86,0	84,8	83,6	81,2	78,6	76,0	73,2	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	83,5	85,9	84,7	83,4	80,9	78,4	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	83,5	85,7	84,5	83,2	80,7	78,1	75,5	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	83,5	85,6	84,3	83,0	80,5	77,9	75,3	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	83,5	85,5	84,2	82,9	80,3	77,7	75,1	72,5	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.40 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (H70-T20, холодная заправка, категория емкости СХКВ С)

H70-T20: категория емкости СХКВ С со связью ХД		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа										
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа										
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	83,5	83,5	87,1	86,7	86,3	85,4	84,4	83,3	82,1	80,6	Нет заправки
	45	83,5	83,5	87,0	86,6	86,1	85,0	83,8	82,5	81,0	79,3	Нет заправки
	40	83,5	83,5	87,0	86,5	85,9	84,5	83,1	81,5	79,8	77,9	Нет заправки
	35	83,5	83,5	87,1	86,5	85,9	84,5	83,1	81,5	79,8	77,9	Нет заправки
	30	83,5	83,5	87,0	86,3	85,7	84,2	82,6	80,9	79,0	76,9	Нет заправки
	25	83,5	83,5	86,9	86,2	85,4	83,8	82,0	80,1	78,1	75,9	Нет заправки
	20	83,5	83,5	86,8	86,0	85,2	83,4	81,4	79,4	77,3	74,9	Нет заправки
	10	83,5	83,5	86,7	85,7	84,8	82,7	80,5	78,3	75,9	73,3	Нет заправки
	0	83,5	83,5	86,4	85,1	83,9	81,3	78,6	75,9	73,1	Нет заправки	Нет заправки
	–10	83,5	83,5	86,3	85,0	83,7	81,1	78,5	75,7	73,0	Нет заправки	Нет заправки
	–20	83,5	83,5	86,2	84,9	83,6	80,9	78,3	75,6	72,8	Нет заправки	Нет заправки
	–30	83,5	83,5	86,1	84,8	83,5	80,8	78,1	75,4	72,7	Нет заправки	Нет заправки
	–40	83,5	83,5	86,0	84,7	83,4	80,7	78,0	75,3	72,6	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

М.2.2 Таблицы предельных значений давления для заправки со связью по формуле МС — Н35

Таблицы предельных значений давления для заправки со связью по формуле МС для класса давления Н35.

Таблица М.41 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (Н35-Т40, категория емкости СХКВ А)

Н35-Т40: категория емкости СХКВ А со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	42,5	42,8	42,7	42,6	42,3	41,5	40,7	Нет заправки
	45	42,9	42,9	42,8	42,5	42,1	41,0	40,0	Нет заправки
	40	42,9	42,9	42,6	42,2	41,7	40,3	39,2	Нет заправки
	35	43,0	42,9	42,6	42,2	41,8	40,3	39,2	Нет заправки
	30	43,0	42,9	42,5	42,0	41,5	39,9	38,7	Нет заправки
	25	43,0	42,8	42,3	41,8	41,1	39,5	Нет заправки	Нет заправки
	20	42,9	42,7	42,2	41,5	40,8	39,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	42,9	42,7	42,0	41,2	40,3	38,3	Нет заправки	Нет заправки
	0	42,7	42,0	41,1	40,2	39,1	36,7	Нет заправки	Нет заправки
	–10	42,7	42,0	41,1	40,1	39,1	36,7	Нет заправки	Нет заправки
	–20	42,7	41,9	41,0	40,0	39,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	42,6	41,9	40,9	40,0	38,9	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	42,6	41,8	40,9	39,9	38,9	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.42 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле MC (H35-T40, категория емкости СХКВ B)

H35-T40: категория емкости СХКВ B со связью		Формула MC — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	42,7	42,8	42,6	42,5	42,2	41,4	40,6	Нет заправки
	45	42,8	42,5	42,3	42,0	41,6	40,6	39,9	Нет заправки
	40	42,7	42,4	42,1	41,7	41,2	40,0	39,2	Нет заправки
	35	42,7	42,4	42,1	41,6	41,2	40,0	39,1	Нет заправки
	30	42,7	42,4	41,9	41,4	40,9	39,6	38,6	Нет заправки
	25	42,7	42,4	41,8	41,2	40,6	39,2	Нет заправки	Нет заправки
	20	42,6	42,3	41,7	41,0	40,3	38,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	42,6	42,2	41,5	40,6	39,8	38,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	42,4	41,7	40,7	39,7	38,7	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	42,2	41,5	40,6	39,6	38,5	36,4	Нет заправки	Нет заправки
	–20	42,0	41,3	40,4	39,4	38,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	41,8	41,0	40,1	39,1	38,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	41,6	40,8	39,9	38,9	38,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.43 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле MC (H35-T40, категория емкости СХКВ C)

H35-T40: категория емкости СХКВ C со связью		Формула MC — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	42,7	42,6	42,5	42,3	42,0	41,2	40,6	Нет заправки

Окончание таблицы М.43

H35-T40: категория емкости СХКВ С со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	45	42,7	42,7	42,4	42,1	41,7	40,7	39,9	Нет заправки
	40	42,7	42,6	42,2	41,8	41,3	40,1	39,2	Нет заправки
	35	42,7	42,6	42,2	41,8	41,2	40,0	39,2	Нет заправки
	30	42,7	42,5	42,1	41,5	40,9	39,6	38,6	Нет заправки
	25	42,6	42,4	41,9	41,3	40,6	39,2	Нет заправки	Нет заправки
	20	42,6	42,2	41,6	40,9	40,2	38,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	42,4	41,9	41,2	40,4	39,6	37,9	Нет заправки	Нет заправки
	0	42,0	41,3	40,4	39,5	38,5	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	41,9	41,1	40,3	39,3	38,4	36,3	Нет заправки	Нет заправки
	–20	41,7	41,0	40,1	39,2	38,3	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	41,6	40,9	40,0	39,1	38,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	41,5	40,7	39,8	38,9	38,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.44 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (H35-T30, категория емкости СХКВ А)

H35-T30: категория емкости СХКВ А со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	42,4	42,7	42,5	42,3	42,1	41,3	40,6	Нет заправки
	45	43,0	43,1	42,8	42,5	42,2	41,0	40,0	Нет заправки
	40	43,1	43,1	42,7	42,3	41,8	40,3	39,2	Нет заправки

Окончание таблицы М.44

H35-T30: категория емкости СХКВ А со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	35	43,2	43,1	42,8	42,4	41,8	40,4	39,2	Нет заправки
	30	43,2	43,1	42,7	42,2	41,6	39,9	38,7	Нет заправки
	25	43,2	43,1	42,6	42,0	41,3	39,5	Нет заправки	Нет заправки
	20	43,2	43,0	42,4	41,7	40,9	39,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	43,1	42,9	42,1	41,3	40,4	38,3	Нет заправки	Нет заправки
	0	42,9	42,5	41,5	40,4	39,3	36,7	Нет заправки	Нет заправки
	–10	43,0	42,6	41,5	40,4	39,3	36,7	Нет заправки	Нет заправки
	–20	43,0	42,5	41,5	40,4	39,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	43,1	42,5	41,5	40,4	39,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	43,2	42,5	41,5	40,3	39,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.45 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (H35-T30, категория емкости СХКВ В)

H35-T30: категория емкости СХКВ В со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	42,6	42,7	42,6	42,4	42,1	41,3	40,6	Нет заправки
	45	42,9	42,7	42,4	42,1	41,7	40,6	39,8	Нет заправки
	40	42,9	42,6	42,3	41,8	41,3	40,0	39,1	Нет заправки
	35	42,9	42,6	42,3	41,8	41,3	40,0	39,1	Нет заправки
	30	42,9	42,6	42,1	41,6	41,0	39,6	38,6	Нет заправки

Окончание таблицы М.45

H35-T30: категория емкости СХКВ B со связью		Формула MC — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	25	42,9	42,6	42,0	41,4	40,7	39,1	Нет заправки	Нет заправки
	20	42,8	42,5	41,9	41,2	40,4	38,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	42,7	42,4	41,6	40,8	39,9	38,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	42,5	42,2	41,1	40,0	38,9	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	42,3	42,0	41,0	39,9	38,8	36,4	Нет заправки	Нет заправки
	–20	42,2	41,8	40,8	39,7	38,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	42,1	41,7	40,6	39,5	38,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	42,0	41,5	40,4	39,3	38,2	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.46 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле MC (H35-T30, категория емкости СХКВ C)

H35-T30: категория емкости СХКВ C со связью		Формула MC — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давлени, $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	42,7	42,8	42,6	42,3	42,0	41,2	40,5	Нет заправки
	45	42,8	42,7	42,4	42,1	41,7	40,7	39,9	Нет заправки
	40	42,8	42,6	42,2	41,8	41,3	40,1	39,2	Нет заправки
	35	42,8	42,6	42,2	41,8	41,2	40,0	39,2	Нет заправки
	30	42,8	42,5	42,1	41,5	40,9	39,6	38,6	Нет заправки
	25	42,7	42,4	41,9	41,3	40,6	39,2	Нет заправки	Нет заправки
	20	42,7	42,2	41,6	40,9	40,2	38,7	Нет заправки	Нет заправки

Окончание таблицы М.46

H35-T30: категория емкости СХКВ С со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давлени, $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	10	42,7	41,9	41,2	40,4	39,6	37,9	Нет заправки	Нет заправки
	0	42,5	41,3	40,4	39,5	38,5	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	42,5	41,1	40,3	39,3	38,4	36,3	Нет заправки	Нет заправки
	–20	42,4	41,0	40,1	39,2	38,3	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	42,3	40,9	40,0	39,1	38,1	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	42,2	40,7	39,8	38,9	38,0	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.47 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (H35-T20, категория емкости СХКВ А)

H35-T20: категория емкости СХКВ А со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	42,7	42,5	42,3	42,0	41,7	41,0	40,4	Нет заправки
	45	42,8	43,0	42,8	42,5	42,1	40,9	39,9	Нет заправки
	40	43,0	43,0	42,7	42,3	41,8	40,3	39,2	Нет заправки
	35	43,1	43,1	42,8	42,3	41,8	40,3	39,2	Нет заправки
	30	43,1	43,1	42,7	42,2	41,6	39,9	38,7	Нет заправки
	25	43,2	43,1	42,6	42,0	41,3	39,5	Нет заправки	Нет заправки
	20	43,2	43,1	42,5	41,8	41,0	39,0	Нет заправки	Нет заправки
	10	43,2	43,0	42,3	41,4	40,5	38,3	Нет заправки	Нет заправки
	0	43,1	42,7	41,7	40,6	39,4	36,8	Нет заправки	Нет заправки

Окончание таблицы М.47

H35-T20: категория емкости СХКВ А со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	–10	43,2	42,8	41,7	40,6	39,4	36,7	Нет заправки	Нет заправки
	–20	43,2	42,8	41,8	40,6	39,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	43,3	42,9	41,8	40,7	39,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	43,4	43,0	41,9	40,7	39,5	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.48 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле МС (H35-T20, категория емкости СХКВ В)

H35-T20: категория емкости СХКВ В со связью		Формула МС — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °С	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	42,6	42,6	42,4	42,1	41,8	41,1	40,5	Нет заправки
	45	42,8	42,8	42,5	42,1	41,7	40,7	39,8	Нет заправки
	40	42,9	42,8	42,4	41,9	41,4	40,1	39,1	Нет заправки
	35	42,9	42,8	42,4	41,9	41,4	40,0	39,1	Нет заправки
	30	42,8	42,7	42,3	41,7	41,1	39,6	38,6	Нет заправки
	25	42,8	42,7	42,1	41,5	40,8	39,2	Нет заправки	Нет заправки
	20	42,7	42,6	42,0	41,3	40,5	38,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	42,6	42,6	41,8	40,9	40,0	38,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	42,5	42,3	41,3	40,2	39,0	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	42,4	42,1	41,1	40,1	38,9	36,4	Нет заправки	Нет заправки
	–20	42,3	42,0	40,9	39,9	38,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Окончание таблицы М.48

H35-T20: категория емкости СХКВ B со связью		Формула MC — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	–30	42,2	41,8	40,8	39,7	38,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	42,0	41,7	40,6	39,5	38,4	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Таблица М.49 — Предельные значения давления заправки со связью по формуле MC (H35-T20, категория емкости СХКВ C)

H35-T20: категория емкости СХКВ C со связью		Формула MC — предел давления P_{limit_comm}, МПа							
		Начальное давление $P_{initial}$, МПа							
		<5 без интерполяции	5	10	15	20	30	35	>35
Температура окружающей среды T_{amb}, °C	>50	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	50	42,5	42,7	42,4	42,2	41,9	41,1	40,5	Нет заправки
	45	42,8	42,8	42,5	42,1	41,7	40,7	39,8	Нет заправки
	40	42,8	42,8	42,4	41,9	41,4	40,1	39,1	Нет заправки
	35	42,8	42,8	42,4	41,9	41,4	40,0	39,1	Нет заправки
	30	42,8	42,7	42,3	41,7	41,1	39,6	38,6	Нет заправки
	25	42,8	42,7	42,1	41,5	40,8	39,2	Нет заправки	Нет заправки
	20	42,8	42,6	42,0	41,3	40,5	38,7	Нет заправки	Нет заправки
	10	42,7	42,6	41,8	40,9	40,0	38,0	Нет заправки	Нет заправки
	0	42,6	42,3	41,3	40,2	39,0	36,5	Нет заправки	Нет заправки
	–10	42,6	42,3	41,2	40,1	38,9	36,4	Нет заправки	Нет заправки
	–20	42,5	42,2	41,1	40,0	38,8	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–30	42,5	42,1	41,0	39,9	38,7	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	–40	42,4	42,0	40,9	39,8	38,6	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки
	< –40	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки	Нет заправки

Приложение Н
(справочное)

Дополнительный метод проверки целостности

Н.1 Введение

В приложении описывается дополнительный метод, который является средством проверки и подтверждения целостности некоторых ключевых параметров, используемых в стандартных протоколах заправки водородом в настоящем стандарте. Этот метод может быть реализован только во время заправки связи, так как он основан на измеренной температуре *MT*. Этот метод потенциально может обнаруживать ошибки в следующих параметрах: объем СХКВ, измеренная температура *MT* и измерение массового расхода, используемое при расчете среднемассовой температуры подачи водорода.

Ошибка в объеме баллона *TV* может быть результатом закрытия одного или нескольких клапанов баллона в многобаллонном СХКВ. Ошибка измеренной температуры *MT* может быть результатом неисправности датчика температуры или передачи транспортным средством на станцию неверного значения измеренной температуры водорода СХКВ *MT*. Ошибка массового расходомера может быть связана с необнаруженной неисправностью массового расходомера (например, если массовый расход рассчитан неправильно, поскольку ошибка отражается как в числителе, так и в знаменателе расчета среднего массового расхода, то ошибка в расчетной среднемассовой температуре подачи водорода ограничена, но обнаружение такой ошибки все же может быть желательным).

Н.2 Метод проверки целостности

Описанный ниже метод вычисляет погрешность в объеме баллона *TV* на основе измеренной массы, отпускаемой из расходомера, сообщенной температуры водорода СХКВ *MT* и давления водорода СХКВ (одна реализация использует переданное измеренное значение давления *MP*, а другая реализация использует измеренное значение давления станции $P_{station}$). Хотя ошибка выражается в единицах объема баллона *TV*, причина ошибки может заключаться в том, что фактический объем баллона отличается от переданного значения *TV*, или из-за ошибки в *MT*, или из-за ошибки в измерении массового расхода. Метод проверки целостности не указывает источник ошибки, а указывает, что один или несколько параметров, которые используются в вычислениях проверки целостности, могут быть ошибочными.

Величина допустимой ошибки в расчетном объеме баллона TV_{calc} по сравнению с переданным объемом баллона *TV* остается на усмотрение производителя ТРК. Даже при отсутствии ошибок или сбоев в этих параметрах всегда будет некоторая неточность в расчетном объеме баллона из-за неточностей в измерениях *MT*, *MP*, $P_{station}$ и отпускаемой массы. Таким образом, изготовитель ТРК должен установить критерий ошибки для расчетного объема баллона, который будет достаточно большим, чтобы отфильтровать ложные срабатывания, и в то же время достаточно маленьким, чтобы обнаружить существенные ошибки, которые могут указывать на ошибку одного из этих параметров.

Объем баллона можно рассчитать, используя давление либо из переданного измеренного давления *MP*, либо из давления на станции $P_{station}$ (в условиях отсутствия потока) во время заправки. Преимущество использования *MP* заключается в том, что объем баллона можно рассчитывать очень часто или почти непрерывно. Недостаток использования *MP* заключается в том, что точность параметра *MP* неизвестна. Причина погрешности может быть в том числе из-за расположения датчика давления (если он находится за пределами СХКВ, может быть перепад давления между точкой измерения датчика и фактическим давлением в СХКВ). Преимущество использования $P_{station}$ заключается в том, что точность измерения давления выше, чем при *MP*, из-за того, что станции обычно используют более точные датчики давления, а также потому, что измерение является более точным при отсутствии массового расхода. Недостаток использования $P_{station}$ заключается в том, что объем баллона можно рассчитать только после остановки массового расхода, что означает, что частота измерения намного меньше (возможно, всего несколько раз за заправку, в зависимости от количества периодов остановки заправки).

Н.2.1 Метод проверки целостности — расчет TV_{calc} и TV_{error}

Применение метода проверки целостности начинается с контрольного измерения в нулевой точке, выбираемой в какой-либо момент времени в течение периода запуска заправки. Контрольное измерение обычно выполняется сразу после импульса подключения, однако, если во время запуска возникают дополнительные импульсы давления, эталонное измерение может быть выполнено в конце времени запуска, непосредственно перед началом основного периода заправки водородом. Последующие измерения проводятся с частотой, которую производитель ТРК считает подходящей. Например, когда используется *MP*, последующее измерение может производиться раз в 1 с или раз в 5 с. Аналогично при использовании $P_{station}$ последующие измерения могут выполняться при каждой проверке на утечку или переключении хранилищ, или при заданном изменении давления или массы.

Измерение массы, выдаваемой из контрольной точки 0 до момента времени *t* вычисляют по формуле

$$m_{(t)} = \int_0^t \dot{m} dt. \qquad (Н.1)$$

Плотности для контрольной точки 0 вычисляют по формуле (Н.2). Изготовитель ТРК должен использовать соответствующее уравнение плотности с максимально возможной точностью. Формула (Л.99) является примером такого уравнения для плотности.

$$\sigma_{(0)} = f(MP_{(0)}, MT_{(0)})$$

либо (Н.2)

$$\sigma_{(0)} = f(P_{station(0)}, MT_{(0)})$$

Плотность для последующего момента времени t вычисляют по формуле

$$\sigma_{(t)} = f(MP_{(t)}, MT_{(t)})$$

либо (Н.3)

$$\sigma_{(t)} = f(P_{station(t)}, MT_{(t)})$$

Объем баллона TV_{calc} вычисляют по формуле

$$TV_{calc(t)} = \frac{m_{(t)}}{\left(\sigma_{(t)} - \sigma_{(0)}\right)}. \quad (Н.4)$$

TV_{error} объема баллона:

$$TV_{error(t)} = 100 \cdot \left| \frac{TV_{calc(t)} - TV}{TV} \right|. \quad (Н.5)$$

Если $TV_{error(t)}$ больше, чем $TV_{error_criteria}$ (значение критерия, установленное производителем раздаточной колонки), то какое действие следует предпринять на усмотрение производителя раздаточной колонки? Например, при использовании протокола формулы МС производитель ТРК может выбрать переключение переменной флага «Индикатор Cons RR» = TRUE, когда $TV_{error(t)} > TV_{error_criteria}$. Другим примером действия может быть остановка заполнения. Можно также использовать несколько уровней критериев телевизионных ошибок с уникальным действием для каждого уровня.

Приложение П
(обязательное)

Дополнительный метод проверки рациональности данных связи

П.1 Введение

В некоторых случаях (заправка водородом на дороге, неисправности оборудования, процедуры обслуживания, определенные протоколы заполнения при температуре окружающей среды и т. д.) начальная температура СХКВ может быть выше границ, ожидаемых в протоколах, определенных в настоящем стандарте. Методы обнаружения таких обстоятельств должны обеспечить безопасное взаимодействие протоколов и оборудования.

В настоящем приложении описывается дополнительный метод проверки того, что существует проблема с передаваемым температурным сигналом, указывающим, что начальные условия СХКВ не могут быть обнаружены. Этот метод может быть реализован только во время заправки со связью, так как он основан на данных, передаваемых от ТС. Учитывая использование связи в этих методах, необходимо рассмотреть действия при заполнении без связи, при которых данные для подтверждения температуры начала заполнения недоступны. Например, при заправке без связи можно рассмотреть возможность использования альтернативной скорости заполнения или альтернативного целевого давления, что может привести к уменьшению тепла, поступающего в СХКВ, но также к увеличению времени заполнения или к его уменьшению.

Дополнительный метод проверки рациональности позволяет оценить перед началом заполнения, находится ли температура начала заполнения в пределах диапазона, ожидаемого протоколами заправки, определенными в настоящем стандарте.

Этот метод можно использовать только в том случае, если между ТС и заправочной колонкой установлена действующая связь (см. [1]). Метод проверки рациональности исследует потенциальные ошибки *TV* и *MT* во время начальной части протокола до того, как водород поступит в СХКВ.

П.2 Описание дополнительного метода проверки рациональности

Поскольку HRS и ТС измеряют/вычисляют одни и те же переменные, проверку согласованности или рациональности можно выполнить следующим образом:

1 Проверить установление допустимой связи (например, проверка физического уровня).

2 Проверить передачу ТС активного запроса на прерывание.

3 Сравнить объем СХКВ (сообщенный ТС) с объемом СХКВ (рассчитанный станцией). Они должны совпадать в пределах ±15 %.

4 Сравнить давление СХКВ, сообщенное ТС, с давлением СХКВ, измеренным станцией. Они должны совпадать в пределах диапазона, учитывающего потенциальные ошибки датчиков/вычислений систем датчиков.

Если все четыре теста дают положительный ответ, то устанавливается рациональность данных связи и может быть установлен логический флаг, указывающий на рациональность. Если, например, тест используется для определения того, находится ли температура СХКВ, представленная *MT*, в пределах ожидаемого диапазона, а сообщенное *MT* не находится в этом диапазоне, заправочная колонка может решить либо предположить, что возник непредвиденный набор условий, либо не доверять значению *MT*.

Рисунок П.1 иллюстрирует пример возможной логической реализации проверки рациональности.

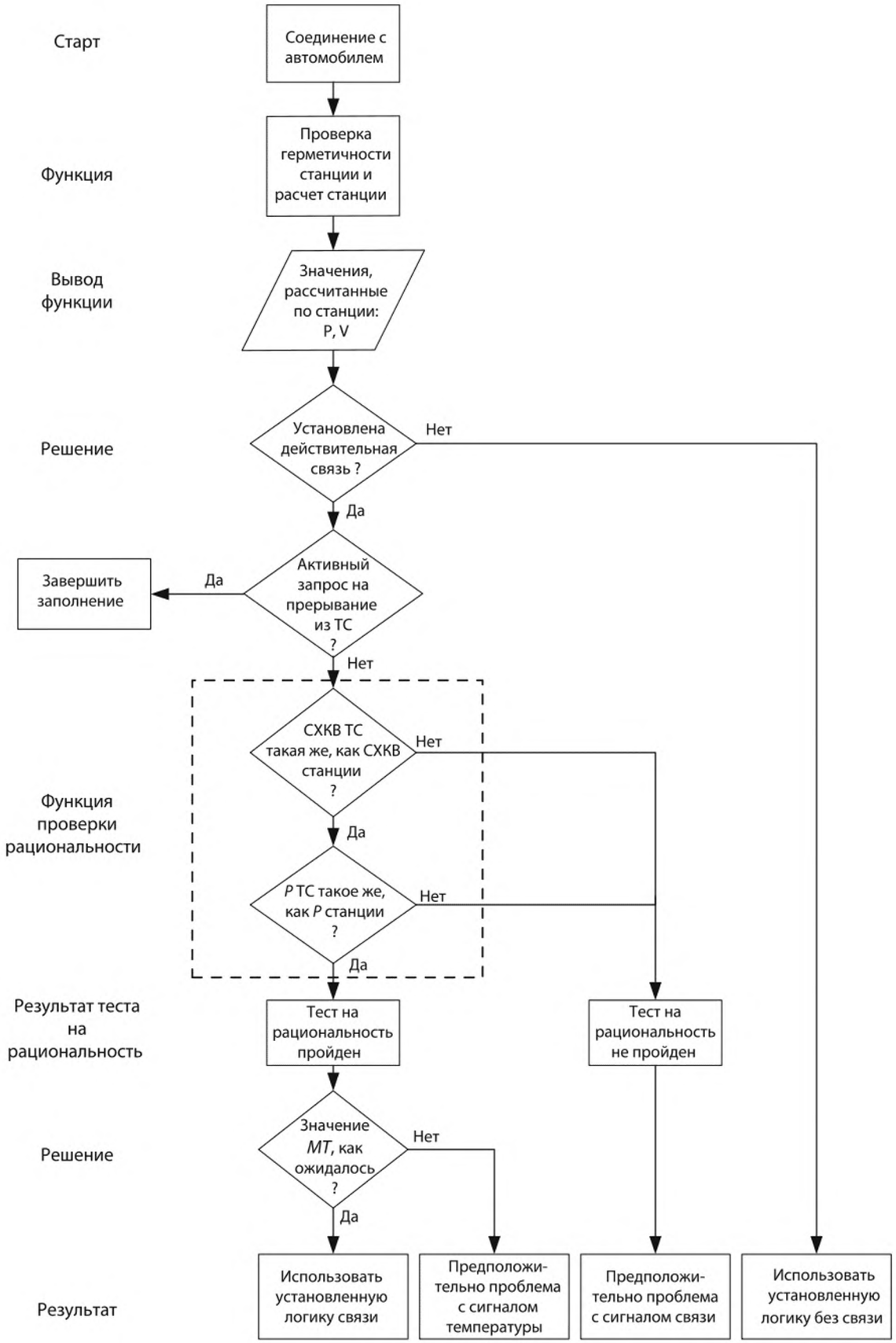


Рисунок П.1 — Возможная логика реализации примера проверки рациональности

Библиография

[1] SAE J2799-2019 Аппаратные и программные средства связи со станцией водородных наземных транспортных средств

[2] SAE J2579-2018 Стандарт для топливных систем в транспортных средствах на топливных элементах и других водородных транспортных средствах

[3] Глобальные технические правила Организации Объединенных Наций (GTR)

УДК 629.006.354 ОКС 43.020

Ключевые слова: автомобильные транспортные средства, топливные элементы, протоколы заправки, водород

Редактор *А.Ф. Колбасов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректоры *Л.С. Лысенко, И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 22.11.2023. Подписано в печать 22.12.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 30,23. Уч.-изд. л. 28,00.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru