УДК 629.7.064 Группа Д15

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

ОСТ 1 00228-77

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ УСКОРЕННЫХ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АГРЕГАТОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОМ ЖИДКОСТИ В ГИДРОСИСТЕМАХ

На 46 страницах

Введен впервые

Распоряжением Министерства от 22 июня 1977 г. № 087-16

срок введения установлен с 1 января 1978 г.

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на методику определения режимов ускоренных эквивалентных испытаний на ресурс агрегатов управления потоком жидкости (предохранительных, подпорных и редукционных клапанов, автоматов и гидромеханических реле давления; ограничителей и делителей потока, распределителей с гидромеханическим и электромагнитным управлением; дозаторов).

№ изм. | № изв. | № дубликата | № подлинника

Издание официальное

★

Перепечатка воспрещена

gost.e-ecolog.ru

№ изм. № изв.
Инв. № дубликата 3269 Инв. № подлинника

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Стандарт содержит методику определения режимов ускоренных эквивалентных испытаний агрегатов управления потоком жидкости в гидросистемах, основанную на теории физического моделирования и обеспечивающую воспроизведение конечного технического состояния агрегата за более короткое время, чем при нормальных испытаниях на режимах, заданных в технических условиях (ТУ) или технических заданиях (ТЗ), т.е. обеспечивает сокращение продолжительности испытаний на ресурс.

1.2. Ускоренным испытаниям подвергаются агрегаты, работающие на жидкостях АМГ-10 ГОСТ 6794-75 и 7-50С-3 ГОСТ 20734-75 при рабочих давлениях до 280 кгс/см^2 и выполненных:

- с уплотнениями из резиновых колец круглого сечения;
- с изоляцией электропроводов из полимерных материалов;
- с силовыми элементами из стали и алюминиевых сплавов;
- с неподвижными металлическими уплотнениями.

1.3. Ускоренным испытаниям подвергаются агрегаты, находящиеся на стадии опытного и серийного производства.

На стадии опытного производства – при выборе конструктивных и технологических решений; на стадии серийного производства – при контрольных испытаниях на ресурс (кроме установочной партии), при отработке агрегатов с целью увеличения ресурса, при внедрении усовершенствований (конструктивных и технологических).

1.4. Методика расчета режимов предусматривает эквивалентность ускоренных и нормальных испытаний при отработке ресурсов. Основным критерием, принятым при выборе режимов нагружения и расчете времени ускоренных испытаний, является достижение идентичности конечного технического состояния основных функциональных групп (узлов), определяющих работоспособность агрегата при нормальных и ускоренных испытаниях.

1.5. Техническое состояние агрегата определяется функциональными параметрами: рабочими характеристиками и параметрами, заданными в ТУ (ТЗ), структурными параметрами: состоянием элементов агрегата (величинами зазоров и износа в трущихся парах, состоянием поверхностей деталей, изменением характеристик пружин, усталостной прочностью силовых элементов, степенью остаточной деформации уплотнений и т.п.).

1.6. Элементами, определяющими работоспособность агрегата, техническое состояние которых подвержено наибольшему изменению в процессе испытаний, являются:

- резиновые уплотнения (по старению материала);

- электроизоляция (по старению материала);
- подвижные элементы (по износу поверхностей);
- силовые элементы и металлические уплотнения (по накоплению усталостных повреждений).

1.7. Методика предусматривает сокращение времени испытаний за счет сокращения времени перерывов между срабатываниями управляющих элементов; форсирования режимов и условий испытаний; увеличения температуры рабочей жидкости и окружающей среды; увеличения напряжения питания электромагнитов; увеличения давления рабочей жидкости.

1.8. Пределы ужесточения режимов при ускоренных испытаниях устанавливаются исходя из условия сохранения природы основных физических процессов при максимально допустимых нагрузках - идентичности наблюдаемых дефектов, законов распределения отказов по прототипам в эксплуатации, измерения величин рабочих параметров (характеристик).

1.9. Расчет режимов ускоренных испытаний проводится для гидравлических агрегатов, ресурс которых составляет не менее 500 ч.

1.10. Исходными данными для расчета режимов ускоренных испытаний являются:

- основные технические данные агрегата, характеризующие режимы нормальных испытаний согласно ТУ (ТЗ);
- справочные материалы, характеризующие режимы работы элементов агрегата, старение уплотнений и электроизоляционных материалов, работу элементов в условиях циклического нагружения.

2. ПРИНЯТЫЕ ДОПУЩЕНИЯ

2.1. Старение резиновых уплотнений при температуре менее $50^{\circ}C$ не учитывается ввиду малой скорости процессов старения. Начальной температурой старения резиновых уплотнений при расчете принимается температура $50^{\circ}C$.

2.2. Влияние повышенной температуры (до $200^{\circ}C$) на усталостную прочность стальных элементов конструкции агрегатов мало и в расчете не учитывается.

2.3. Влияние увеличения частоты нагружения в диапазоне от 0,2 до 3 Гц на усталостную прочность элементов агрегата мало и в расчете не учитывается.

2.4. Базовое число циклов N_0 при расчете на усталостную прочность принимается:

$1 \cdot 10^7$ циклов - для стали;

$1 \cdot 10^8$ циклов - для легких сплавов.

№ изм. | № изв. | 3269 | Инв. № дубликата | Инв. № подлинника

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЖИМОВ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ АГРЕГАТОВ НА РЕСУРС

3.1. Объем и порядок расчета

3.1.1. Расчет режимов ускоренных эквивалентных испытаний проводится для элементов и узлов, изменение технического состояния которых определяет работоспособность агрегата при испытаниях.

3.1.2. Расчету режимов должен предшествовать анализ конструкции агрегата, режимов и условий испытаний с целью определения расчетных схем и параметров нагрузок. На основании режимов, заданных в ТУ (ТЗ), составляется табл. 1 режимов нормальных испытаний.

Таблица 1

Участок температурного цикла	Температура рабочей жидкости $t^н_{ж}$, °С	Температура окружающей среды, $t^н_{ос}$, °С	Число температурных циклов $n^н_{т.ц}$	Число циклов срабатываний $N^н_{с}$	Число циклов повышения давления $N^н_{п}$	Время испытаний $\tau^н$, ч	Давление рабочей жидкости $p^н$, кгс/см^2	Напряжение питания электромагнита $U^н$, В	Время выдержки под напряжением электромагнита $\tau^н_{эм}$, ч
1	$t^н_{ж_1}$	$t^н_{ос_1}$	–	$N^н_{с_1}$	$N^н_{п_1}$	$\tau^н_1$	$p^н_1$	$U^н_1$	$\tau^н_{эм_1}$
2	$t^н_{ж_2}$	$t^н_{ос_2}$	$n^н_{т.ц}$	$N^н_{с_2}$	$N^н_{п_2}$	$\tau^н_2$	$p^н_2$	$U^н_2$	$\tau^н_{эм_2}$
j	$t^н_{ж_j}$	$t^н_{ос_j}$	–	$N^н_{с_j}$	$N^н_{п_j}$	$\tau^н_j$	$p^н_j$	$U^н_j$	$\tau^н_{эм_j}$

3.1.3. При расчете режимов рассматриваются основные процессы, вызывающие изменение технического состояния элементов и узлов агрегата:

- старение резиновых уплотнений и электроизоляции под действием повышенных температур;
- износ пар трения;
- накопление усталостных повреждений под действием циклических нагрузок.

3.1.4. Если длительность теплового воздействия существенно превышает время срабатываний агрегата, сокращение общей длительности испытаний производится за счет ужесточения тепловых режимов, при этом расчеты на износ и усталость не производятся.

3.2. Расчет режимов из условия эквивалентности старения резиновых уплотнений

3.2.1. Исходными данными при выборе и расчете режимов ускоренных испытаний для элементов, изменяющих свое состояние от воздействия температурных циклов являются:

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

- заданный в ТУ (ТЗ) температурный цикл нагружения;
- время воздействия температурного нагружения.

3.2.2. Исходя из максимально допустимой температуры рабочей жидкости, материала уплотнений и электроизоляции или обеспечения необходимого коэффициента ускорения испытаний, задается температурный режим ускоренных испытаний.

3.2.3. Температура работы резиновых уплотнений определяется так же как и температура других элементов агрегата, то есть

$$t_{ру} = t_{эл}, \quad (1)$$

где $t_{ру}$ - температура работы уплотнений агрегата, °С;

$t_{эл}$ - температура элементов агрегата, °С.

3.2.4. Температура резиновых неподвижных уплотнений при нормальных и ускоренных испытаниях определяется по формуле

$$t_{ру} = t_{ж} + \Delta t_{др} + \Delta t_{эм} + \Delta t_{ос}, \quad (2)$$

где $t_{ж}$ - температура рабочей жидкости на входе в агрегат, °С;

$\Delta t_{др}$ - температура нагрева элементов агрегата от дросселирования, °С;

$\Delta t_{эм}$ - температура нагрева элементов агрегата от электромагнита, °С;

$\Delta t_{ос}$ - температура нагрева элементов агрегата от воздействия окружающей среды, °С.

3.2.4.1. Температура нагрева неподвижных резиновых уплотнений от дросселирования жидкости, $\Delta t_{др}$ определяется по формуле

$$\Delta t_{др} = K_{п} \cdot \frac{\Delta P_{др}}{\gamma_{ж} \cdot C_{ж} \cdot J}, \quad (3)$$

где $K_{п}$ - коэффициент, учитывающий перепад давления в процессе работы агрегата. При постоянном перепаде $K_{п} = 1$;

$\Delta P_{др}$ - перепад давления на дросселирующей щели, кгс/см^2;

$\gamma_{ж}$ - плотность рабочей жидкости, кгс/м^3;

$C_{ж}$ - удельная теплоемкость рабочей жидкости, ккал/(кг·°С);

J - механический эквивалент тепла, кгс·м/ккал.

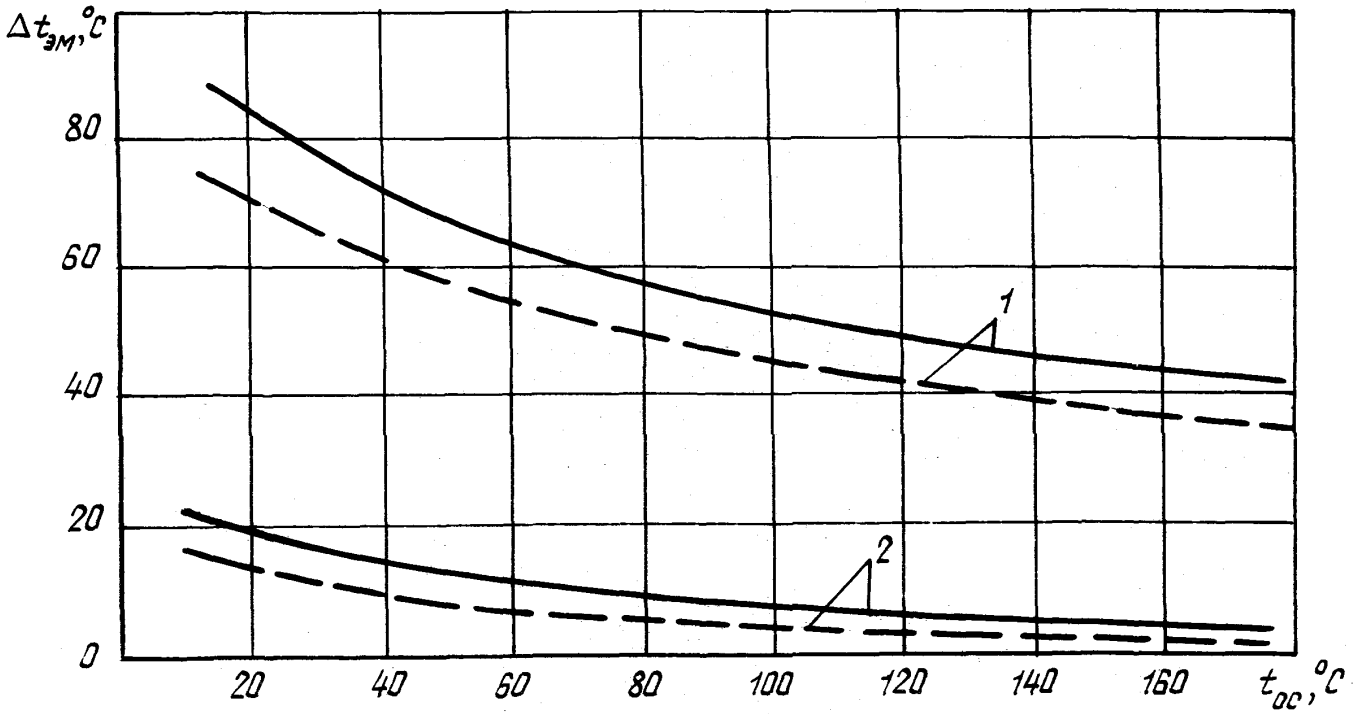
Для рабочих жидкостей АМГ-10 и 7-50С-3 с достаточной для расчета точностью принимается (без учета теплоотдачи).

$$\Delta t_{др} = 0{,}055 K_{п} \Delta P_{др}. \quad (4)$$

3.2.4.2. Температура нагрева элементов агрегата - от электромагнитов $\Delta t_{эм}$ при их длительном включении определяется экспериментально, путем записи температуры элементов в течение температурного цикла.

Для распределителей с электромагнитным управлением типа ГА и КЭ величины температуры нагрева элементов определяются по графику, приведенному на черт. 1.

№ изм. | № изв. | Инв. № дубликата | 3269 | Инв. № подлинника



——— напряжение 30 В

— — — напряжение 24 В

1 – нагрев обмотки; 2 – нагрев корпуса агрегата

Черт. 1

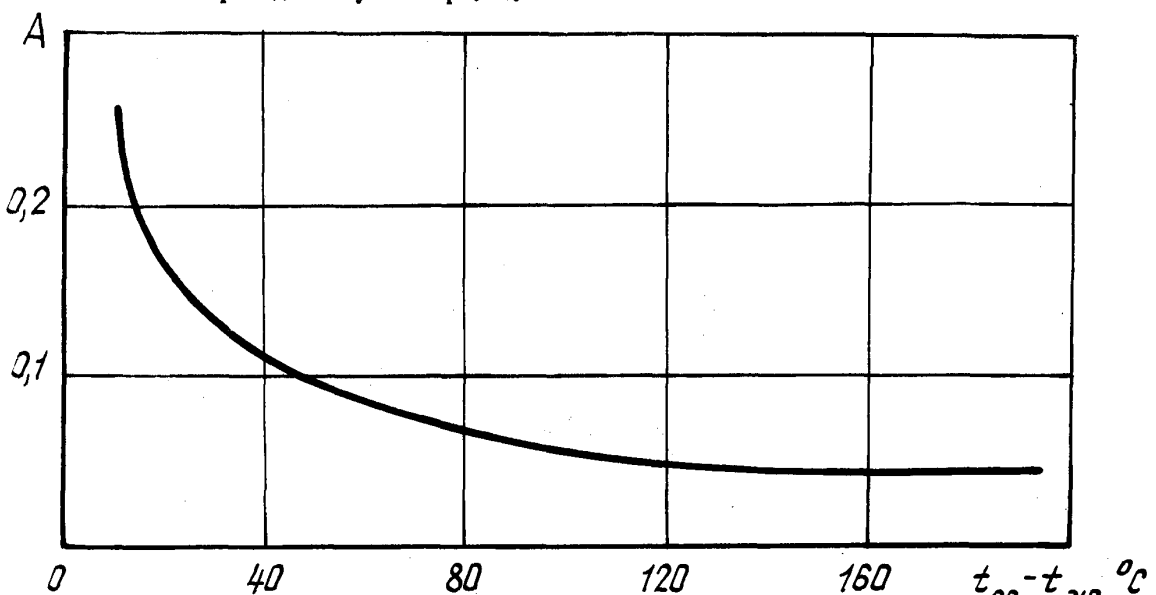
3.2.4.3. Температура нагрева элементов агрегата от воздействия окружающей среды $\Delta t_{ос}$ определяется:

- при непрерывном протоке жидкости по формуле

$$\Delta t_{ос} = \frac{A}{1 - A}\left(t_{ос} - t_{ж}\right), \qquad (5)$$

где $t_{ос}$ - температура окружающей среды, °С;

A - коэффициент температурной нагрузки; определяется по графику, приведенному на черт. 2.



Черт. 2

- при кратковременном отсутствии протока жидкости $\Delta t_{ос}$ определяется экспериментально, путем записи температуры элементов в течение температурного цикла;

- при отсутствии протока жидкости температура элементов агрегатов, не имеющих электромагнитов и агрегатов с обесточенными электромагнитами, равна температуре окружающей среды, т.е. $t_{ру} = t_{ос}$, а для агрегатов с длительно включенным электромагнитом определяется по формуле

$$t_{ру} = t_{ос} + \Delta t_{эм}.$$

3.2.5. Если заданный в ТУ (ТЗ) температурный цикл нагружения состоит из нескольких участков, то температура резиновых уплотнений определяется для каждого участка.

При непостоянном значении температуры на рассматриваемом участке расчет производится по среднему значению температуры $t_{ср}$, полученному с помощью метода графического интегрирования.

3.2.6. Время старения резиновых уплотнений при ускоренных испытаниях определяется по формуле

$$\tau_{ру}^{у} = \tau_{ру}^{н}\left(\frac{1}{\prod_{i=1}^{i=n} \varkappa_i}\right), \qquad (6)$$

где $\tau_{ру}^{у}$ - время старения уплотнений при ускоренных испытаниях, ч

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

$\tau^{н}_{ру}$ – время старения уплотнений при нормальных испытаниях, ч;

i – номер десятиградусного интервала в диапазоне температур;

n – число десятиградусных интервалов;

$\varkappa_i$ – коэффициент, характеризующий скорость старения резины при повышении температуры на каждые 10°С в данном интервале температур.

3.2.6.1. Число десятиградусных интервалов n в диапазоне температур $\Delta t_{ру} = t^{у}_{ру} - t^{н}_{ру}$ определяется по формуле

$$n = \frac{t^{у}_{ру} - t^{н}_{ру}}{a}, \qquad (7)$$

где $a = 10°С$

$t^{у}_{ру}$ – температура уплотнений при ускоренных испытаниях, °С;

$t^{н}_{ру}$ – температура уплотнений при нормальных испытаниях, °С.

Если величина $\Delta t_{ру}$ не является кратной 10, т.е. $\Delta t_{ру} = 10n + \Delta\theta$, то соответствующий температурный коэффициент $\varkappa_i$ подставляется в формулу (6) со степенью $0{,}1 \cdot \Delta\theta$, т.е. $\varkappa_i^{0{,}1 \cdot \Delta\theta}$.

3.2.6.2. Значения коэффициентов старения $\varkappa_i$ для десятиградусных интервалов в диапазоне температур от $t^{н}_{ру}$ до $t^{у}_{ру}$ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Интервал температур рабочей жидкости, °С	Значение коэффициента, характеризующего скорость старения резины ($\varkappa_i$) для марок резины							
	В-14	В-14-1	ИРП-1078	ИРП-1054	ИРП-1353	ВР-7	ИРП-1287	ИРП-1316
От 50 до 60 вкл.	2,37	2,27	2,31	1,82	2,30	–	2,05	–
Св. 60 " 70 "	2,23	2,20	2,60	2,20	2,18	–	1,90	–
" 70 " 80 "	2,15	2,16	2,99	2,63	2,06	–	1,84	1,74
" 80 " 90 "	2,11	2,12	3,34	3,04	1,95	–	1,79	1,73
" 90 " 100 "	2,00	2,10	–	–	1,87	–	1,69	1,73
" 100 " 110 "	1,90	2,08	–	–	1,80	–	1,65	1,73
" 110 " 120 "	–	2,00	–	–	1,72	–	1,64	1,65
" 120 " 130 "	–	1,92	–	–	1,65	–	1,61	1,60
" 130 " 140 "	–	1,92	–	–	1,61	–	1,55	1,59
" 140 " 150 "	–	–	–	–	1,59	–	1,53	1,58
" 150 " 160 "	–	–	–	–	1,60	–	1,58	1,57
" 160 " 170 "	–	–	–	–	1,67	–	1,63	1,58
" 170 " 180 "	–	–	–	–	1,80	2,40	1,68	1,58
" 180 " 190 "	–	–	–	–	1,96	2,34	1,72	1,59
" 190 " 200 "	–	–	–	–	2,20	2,30	1,75	1,60
" 200 " 210 "	–	–	–	–	–	–	1,78	–
" 210 " 220 "	–	–	–	–	–	–	1,80	–

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

3.2.7. Если заданный в ТУ (ТЗ) температурный цикл нагружения состоит из нескольких участков , то время эквивалентного старения определяется как сумма времени эквивалентного старения на участках по формуле

$$\tau_{ру}^{у} = n_{т.ц} \sum_{j=1}^{j=n_{уч}} \frac{\tau_{руj}^{н}}{\prod_{i=1}^{i=n} \varkappa_i}, \qquad (8)$$

где $n_{т.ц}$ – число температурных циклов;

$n_{уч}$ – число участков в температурном цикле;

j – номер участка температурного цикла.

3.2.8. Полученный в результате расчета режим испытаний должен удовлетворять следующим условиям:

$$\left.\begin{aligned} t_{ж}^{у} &\leqslant t_{ж.max} \\ \tau_{ж}^{у} &\leqslant \tau_{ж.max} \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

$$\left.\begin{aligned} t_{ру}^{у} &\leqslant t_{ру.max} \\ \tau_{ру}^{у} &\leqslant \tau_{ру.max} \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

где $t_{ж}^{у}$ – температура рабочей жидкости при ускоренных испытаниях, °С;

$t_{ж.max}$ – максимальная температура рабочей жидкости, °С;

$\tau_{ж}^{у}$ – время испытаний рабочей жидкости при ускоренных испытаниях, ч;

$\tau_{ж.max}$ – максимальное время испытаний рабочей жидкости при данной температуре, ч;

$t_{ру.max}$ – максимальная температура работоспособности материала уплотнений, °С;

$\tau_{ру.max}$ – максимальное время испытаний материала уплотнений при данной температуре, ч.

Если не выполняется хотя бы одно из условий (9 – 10), производится уменьшение температуры рабочей жидкости $t_{ж}^{у}$ до таких значений, при которых эти условия выполняются.

Если $\tau_{ж}^{у} > \tau_{ж.max}$, то условие (9) может быть выполнено периодической заменой жидкости, при этом $\tau_{ж}^{у} \leqslant \tau_{ж.max} S$, (S – необходимое число замен рабочей жидкости в течение времени испытаний).

3.2.9. В случае применения в изделии резиновых уплотнений из резин двух и более марок, обладающих различными скоростями процессов старения, расчет времени $\tau_{ру}^{у}$ ведется для каждой марки резины. Время ускоренных испытаний $\tau_{ру}^{у}$ из расчета принимается по уплотнению, оказывающему наибольшее влияние на работоспособность агрегата (с учетом дублирования и условий установки уплотнения).

№ изм. | № изв. | 3269 | Инв. № дубликата | Инв. № подлинника

3.3. Расчет режимов из условия эквивалентности старения электроизоляционного материала

3.3.1. Расчет режимов по старению обмотки электромагнитов производится исходя из режимов, заданных в ТУ (ТЗ) и установленных при расчете по п. 3.2.

3.3.2. Температура обмотки электромагнита при нормальных и ускоренных испытаниях определяется:

- при включенном электромагните по формулам:

$$t^{н}_{об} = t^{н}_{кож} + K_э \cdot \Delta t^{н}_{об} \; ; \qquad (11)$$

$$t^{у}_{об} = t^{у}_{кож} + K_э \cdot \Delta t^{у}_{об} \; , \qquad (12)$$

где $t^{н}_{об}$ – температура обмотки электромагнита при нормальных испытаниях, °С;

$t^{н}_{кож}$ – температура кожуха электромагнита при нормальных испытаниях, °С;

$K_э$ – коэффициент, учитывающий длительность включения электромагнита, при длительном включении электромагнита $K_э = 1$;

$\Delta t^{н}_{об}$ – температура перегрева обмотки электромагнита при нормальных испытаниях, °С;

$t^{у}_{об}$ – температура обмотки электромагнита при ускоренных испытаниях, °С;

$t^{у}_{кож}$ – температура кожуха электромагнита при ускоренных испытаниях, °С;

$\Delta t^{у}_{об}$ – температура перегрева обмотки электромагнита при ускоренных испытаниях, °С;

- при отсутствии расхода через агрегат $t_{кож} = t_{ос}$;

- при наличии протока $t_{кож}$ определяется по формуле

$$t_{кож} = t_{ж} + \Delta t_{др} + \Delta t_{эм} + \Delta t_{ос} .$$

Величина перегрева обмотки электромагнита при нормальных и ускоренных испытаниях $\Delta t^{н}_{об}$ и $\Delta t^{у}_{об}$ находятся по графику (см. черт. 1) или экспериментально. При выключенном электромагните температура обмотки определяется по формуле

$$t_{обм} = t_{ж} + \Delta t_{др} + \Delta t_{эм} + \Delta t_{ос} .$$

Если заданный в ТУ (ТЗ) температурный цикл состоит из нескольких участков, то расчет температуры обмотки ведется для каждого участка.

При непостоянном значении температуры на рассматриваемом участке, расчет ведется по среднему значению температуры, полученному с помощью метода графического интегрирования.

3.3.3. Время старения изоляционного материала обмотки электромагнита определяется по формуле

$$\tau^{у}_{об} = \tau^{н}_{об} e^{\frac{t^{н}_{об} - t^{у}_{об}}{r}} , \qquad (13)$$

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

где $\tau_{об}^{у}$ - время старения изоляционного материала обмотки электромагнита при ускоренных испытаниях, ч;

$\tau_{об}^{н}$ - время старения изоляционного материала обмотки электромагнита при нормальных испытаниях, ч;

e - основание натурального логарифма;

r - приведенный показатель термической стойкости изоляции.

Значение этого коэффициента приведено в табл. 3.

Таблица 3

Класс электроизоляционного материала	Температура окружающей среды, °С	Значение приведенного показателя термической стойкости r, °С	
		номин.	пред. откл.
A	20 - 220	20,4	±1,7
E	20 - 245	22,4	±1,6
B	20 - 250	21,8	
F	20 - 265	18,4	±1,3
H	20 - 270	15,6	±0,4
C	20 - 335	20,2	±0,7

3.3.4. Если заданный в ТУ (ТЗ) температурный цикл нагружения состоит из нескольких участков, то эквивалентное время старения определяется по формуле

$$\tau_{об}^{у} = \sum_{j=1}^{j=n_{уч}} \tau_{об\,j}^{н}\, e^{\frac{t_{об\,j}^{н} - t_{об\,j}^{у}}{r}}. \qquad (14)$$

3.3.5. Если в результате расчетов по п. 3.2 и 3.3 $\tau_{об}^{у} \neq \tau_{ру}^{у}$, то время достижения эквивалентного состояния электроизоляционными материалами приводится ко времени $\tau_{ру}^{у}$ путем изменения напряжения питания электромагнитов, которое определяется по формуле

$$U^{у} = U^{н}\left(1 + \alpha_{0}\, r\, \ln \frac{\tau_{об}^{у}}{\tau_{ру}^{у}}\right), \qquad (15)$$

где $U^{у}$ - напряжение питания электромагнита при ускоренных испытаниях, В;

$U^{н}$ - напряжение питания электромагнита при нормальных испытаниях, В;

α_{0} - температурный коэффициент электрического сопротивления обмоточного провода, $^{\circ}C^{-1}$.

№ изм. № изв. Инв. № дубликата Инв. № подлинника 3269

3.4. Расчет режимов из условия эквивалентности накопления усталостных повреждений.

3.4.1. Расчет режимов из условия эквивалентности накопления усталостных повреждений производится для элементов, имеющих наименьший запас усталостной прочности.

3.4.2. Исходными данными для выбора и расчета режимов являются заданные в ТУ (ТЗ) нагрузки на элементы, число циклов нагружения и справочные данные для материалов элементов.

3.4.3. Число циклов нагружений при ускоренных испытаниях определяется по формулам:

3.4.3.1. В случае растяжения, сжатия и изгиба

$$N^{У} = N^{Н} K_f \left(\frac{K_t^{У}}{K_t^{Н}} \frac{\sigma_{a\,экв}^{Н}}{\sigma_{a\,экв}^{У}} \right)^{m}, \qquad (16)$$

где $N^{У}$ – число циклов нагружения при ускоренных испытаниях;

$N^{Н}$ – число циклов нагружения при нормальных испытаниях;

K_f – коэффициент, характеризующий зависимость скорости накопления усталостных повреждений от изменения частоты циклов нагружения ;

$K_t^{У}$ – коэффициент, характеризующий изменение предела выносливости с изменением температуры при ускоренных испытаниях;

$K_t^{Н}$ – коэффициент, характеризующий изменение предела выносливости с изменением температуры при нормальных испытаниях;

$\sigma_{a\,экв}^{Н}$ – эквивалентное нормальное напряжение при нормальных испытаниях, кгс/мм^2;

$\sigma_{a\,экв}^{У}$ – эквивалентное нормальное напряжение при ускоренных испытаниях, кгс/мм^2;

3.4.3.2. В случае кручения

$$N^{У} = N^{Н} K_f \left(\frac{K_t^{У}}{K_t^{Н}} \frac{\tau_{a\,экв}^{Н}}{\tau_{a\,экв}^{У}} \right)^{m}, \qquad (17)$$

где $\tau_{a\,экв}^{Н}$ – эквивалентное касательное напряжение при нормальных испытаниях, кгс/мм^2;

$\tau_{a\,экв}^{У}$ – эквивалентное касательное напряжение при ускоренных испытаниях, кгс/мм^2;

m – показатель степени уравнения кривой усталости для материалов силовых элементов приведен в табл. 4.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

Таблица 4

Материал	Число циклов	Значение показателя степени m
Сталь	До 10^8	6
Алюминиевые сплавы	До 10^6	4
	Св. 10^6 до 10^7	6
	Св. 10^7 до 10^8	8

Коэффициент K_t для стали при нагреве до 200°С при расчетах принимается равным 1.

Для легких сплавов значение K_t приведено в табл. 5.

Таблица 5

Марка алюминиевого сплава	Значение коэффициента, характеризующего изменение предела выносливости (K_t) при температуре					
	-60°С	+20°С	+100°С	+150°С	+175°С	+200°С
АЛ5	-	1	0,96	0,960	-	0,850
АК4-1	-	1	0,98	0,925	0,900	0,725
АК6	1,07	1	0,93	0,785	-	0,690
Д16Т	1,15	1	0,91	-	0,820	0,730
Д1-Т	-	1	0,86	0,805	-	0,650
МЛ10	1,25	1	1,00	1,000	1,000	0,860
В95	1,05	1	0,92	0,690	0,650	0,390
АМГ	1,35	1	1,00	0,940	0,875	0,750
АМЦ	-	1	0,82	0,730	0,640	0,590

Коэффициент K_f при расчетах принимается равным 1.

3.4.4. Общее число циклов нагружений $N^y_{общ}$ определяется по формуле

$$N^y_{общ} = n_{т.ц} \sum_{j=1}^{j=n_{уч}} N^y_{пj} + n_{т.ц} \sum_{j=1}^{j=n_{уч}} N^y_{сj}, \qquad (18)$$

где $N^y_п$ – число циклов повышения давления при ускоренных испытаниях;

$N^y_с$ – число циклов срабатывания при ускоренных испытаниях.

3.4.5. Величины эквивалентных напряжений в опасном сечении элемента определяются по формулам:

$$\sigma_{a_{экв}} = (K_\sigma)_D \left[(\sigma_a)_{пр} + \psi_\sigma \sigma_{ср}\right], \qquad (19)$$

$$\tau_{a_{экв}} = (K_\tau)_D \left[(\tau_a)_{пр} + \psi_\tau \tau_{ср}\right], \qquad (20)$$

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

где $(K_\sigma)_D$ и $(K_\tau)_D$ – эффективные коэффициенты концентрации напряжения;

$(\sigma_a)_{пр}$ и $(\sigma_\tau)_{пр}$ – приведенные амплитуды напряжения циклов, кгс/мм^2;

ψ_σ и ψ_τ – коэффициенты, характеризующие чувствительность материала к асимметрии цикла; значения ψ_σ и ψ_τ из материалов стали приведены в табл. 6.

Таблица 6

Нормальное напряжение $\sigma_в$, кгс/мм^2	Значение коэффициентов ψ_σ и ψ_τ, характеризующих чувствительность материала к асимметрии цикла	
	Растяжение, сжатие, на изгиб, ψ_σ	Кручение, ψ_τ
От 32 до 50	0	0
Св. 50 " 75	0,05	-
" 75 " 105	0,10	0,05
"105 " 125	0,20	0,10
"125 " 145	0,25	0,10

Значения коэффициента ψ_σ, характеризующего чувствительность материала к асимметрии цикла для алюминиевых сплавов, приведены в табл. 7.

Таблица 7

Число циклов	ψ_σ
10^4	0,65
10^5	0,55
10^6	0,45
10^7	0,35

Эффективные коэффициенты концентрации напряжений определяются по формулам:

$$(K_\sigma)_D = \frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma \beta}; \qquad (21)$$

$$(K_\tau)_D = \frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau \beta}, \qquad (22)$$

где K_σ и K_τ – коэффициенты концентрации напряжения в сечении при изгибе, растяжении и кручении;

ε_σ и ε_τ – коэффициенты влияния абсолютных размеров;

β – коэффициент качества обработки поверхности.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

Коэффициенты K_σ, K_τ, ε_σ, ε_τ, β определяются по справочникам.

3.4.6. Приведенные амплитуды напряжений цикла определяются по формулам:

$$(\sigma_a)_{пр} = \sigma_a \; K_{долг.\sigma}; \qquad (23)$$

$$(\tau_a)_{пр} = \tau_a \; K_{долг.\tau}, \qquad (24)$$

где σ_a и τ_a – амплитуды нормальных и касательных напряжений от наибольшей длительно действующей нагрузки, кгс/мм^2;

$K_{долг.\sigma}$ и $K_{долг.\tau}$ – коэффициенты долговечности по нормальным и касательным напряжениям (используются как коэффициенты приведения режимов нагрузки).

3.4.7. Коэффициенты долговечности определяются по формулам:

$$K_{долг.\sigma} = \sqrt[m]{\frac{1}{N_0} \sum_{j=1}^{j=n_{уч}} \left(\frac{\sigma_{aj}}{\sigma_a}\right)^m N_j}; \qquad (25)$$

$$K_{долг.\tau} = \sqrt[m]{\frac{1}{N_0} \sum_{j=1}^{j=n_{уч}} \left(\frac{\tau_{aj}}{\tau_a}\right)^m N_j}, \qquad (26)$$

где N_0 – базовое число циклов;

N – число циклов нагружения.

3.4.8. Величина среднего напряжения цикла нагружения определяется по табл. 8.

Таблица 8

Тип цикла нагружения	Величина среднего напряжения	
	$\sigma_{ср}$	$\tau_{ср}$
Асимметричный	$\frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$	$\frac{\tau_{max} + \tau_{min}}{2}$
Симметричный	0	0
Пульсирующий	$\frac{\sigma_{max}}{2}$	$\frac{\tau_{max}}{2}$

3.4.9. Величина амплитуды нормальных и касательных напряжений от воздействующей нагрузки определяется по табл. 9.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

Таблица 9

Тип цикла нагружения	Величина амплитуды напряжений	
	σ_a	τ_a
Асимметричный	$\frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$	$\frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2}$
Симметричный	σ_{max}	τ_{max}
Пульсирующий	$\frac{\sigma_{max}}{2}$	$\frac{\tau_{max}}{2}$

3.4.10. Время, необходимое для отработки циклов повышения давления, определяется по формуле

$$\tau_n^y = n_{т.ц} \sum_{j=1}^{j=n_{уч}} N_{nj}^y \cdot \tau_{nj}^y , \qquad (27)$$

где τ_n^y – время отработки циклов повышения давлений при ускоренных испытаниях, ч;

N_n^y – число циклов повышения давлений при ускоренных испытаниях.

3.4.11. Время, необходимое для отработки циклов срабатывания, определяется по формуле

$$\tau_c^y = n_{т.ц} \sum_{j=1}^{j=n_{уч}} N_{cj}^y \frac{1}{f^y} , \qquad (28)$$

где τ_c^y – время отработки циклов срабатывания при ускоренных испытаниях, ч;

N_c^y – число циклов срабатывания при ускоренных испытаниях;

f^y – частота срабатывания при ускоренных испытаниях, Гц.

Частота срабатывания f должна приниматься исходя из условия

$$f^y \leq \frac{1}{\tau_{доп}} , \qquad (29)$$

где $\tau_{доп}$ – время, допускаемое для срабатывания, устанавливается в ТУ на агрегат, с.

3.4.12. Общее время ускоренных испытаний для отработки циклов нагружения определяется по формуле

$$\tau_{мех}^y = \tau_n^y + \tau_c^y , \qquad (30)$$

где $\tau_{мех}^y$ – время испытаний для отработки циклов нагружения, ч.

3.4.13. Полученные режимы циклов нагружения ускоренных испытаний должны удовлетворять следующим условиям:

$$N^y \leq N_0 K_f \left(K_t \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{a\ экв}^y} \right)^m ; \qquad (31)$$

$$N^y \leq N_0 K_f \left(K_t \frac{\tau_{-1}}{\tau_{a\ экв}^y} \right)^m ; \qquad (32)$$

№ изм. | № изв. | 3269 | Инв. № дубликата | Инв. № подлинника

$$n_n = \frac{\sigma_в}{n_б\,\sigma_{max}} > 1; \qquad (33)$$

$$n_n = \frac{0{,}66\sigma_в}{n_б \cdot \tau_{max}} > 1, \qquad (34)$$

где σ_{-1} и τ_{-1} – предел выносливости по нормальным и касательным напряжениям, кгс/мм^2;

n_n – коэффициент запаса прочности;

$\sigma_в$ – предел прочности, кгс/мм^2;

$n_б$ – коэффициент безопасности.

3.5. Расчет режимов из условия эквивалентности износа подвижных элементов агрегатов

3.5.1. Условием эквивалентности состояния подвижных элементов агрегатов является равенство величин накопленного износа при ускоренных и нормальных испытаниях.

3.5.2. Для элементов со скользящими поверхностями при $N_c^н \geq 50\,000$ циклов срабатываний ввиду незначительного износа, (что обеспечивается соответствующим подбором материалов деталей и обработкой поверхностей и подтверждается многочисленными испытаниями) число циклов срабатываний принимается равным числу циклов, полученному из расчета усталостной прочности силовых элементов согласно п. 3.4.

3.5.3. Для элементов со скользящими поверхностями (цилиндрические и плоские золотники), а также с ударным контактированием (шариковые датчики, клапаны и т.д.) при $N_c^н \leq 50\,000$ число циклов срабатывания принимается

$$N_c^у = N_c^н,$$

где $N_c^н$ – число циклов срабатывания при нормальных испытаниях.

3.5.4. Для подвижных элементов с уплотнениями из резины и фторопласта при $N_c^н > 20\,000$ число циклов срабатываний определяется по формуле

$$N_c^у = N_c^н \left(\frac{t_{ру}^н}{t_{ру}^у} \right)^{a_1}, \qquad (35)$$

где a_1 – показатель степени кривой усталости уплотнений;

$a_1 = 0$ при $t_{ру} \leq 65^\circ C$;

$a_1 = \frac{a\,(t_{ру} - 65)}{35}$ при $65^\circ C < t_{ру} < 100^\circ C$;

$a_1 = a$ при $t_{ру} \geq 100^\circ C$,

где a – коэффициент усталости материала уплотнений, значения которого приведены в табл. 10.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

Таблица 10

Материал уплотнения	Рабочая среда	Коэффициент усталости a
Резина марок ИРП-1353 ИРП-1078	АМГ-10 7-50С-3 АМГ-10	2,40
Резина марок ИРП-1316 ИРП-1287 ВР-7	7-50С-3 АМГ-10, 7-50С-3 7-50С-3	3,85
Резина марки ИРП-1375	воздух	4,90
Фторопласт-4	АМГ-10, 7-50С-3	2,40

4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

4.1. Режимы ускоренных испытаний, полученные в результате расчета по п. 3, подвергаются анализу по условию сохранения природы основных физических процессов, определяющих работоспособность агрегата с учетом максимально допустимых нагрузок.

4.2. Общее время ускоренных испытаний τ^{y} определяется исходя из полученных результатов в пп. 3.2.7 и 3.4.11 по формуле

$$\tau^{y} = \tau^{y}_{тел} + \tau^{y}_{мех}, \qquad (36)$$

где $\tau^{y}_{тел}$ – время ускоренных испытаний на тепловое воздействие.

4.3. Если время испытаний $\tau^{y}_{мех}$ составляет небольшую часть времени $\tau^{y}_{тел}$ (например, у распределителей с гидромеханическим и электромагнитным управлением), рекомендуется производить отработку циклов нагружений при максимальной частоте, удовлетворяющей условию (28), при сохранении температуры испытаний, напряжения питания электромагнита и других указанных в технических условиях параметров. В течение оставшегося времени $\tau^{y}_{тел}$ выдерживать агрегат в термостате при температуре, полученной при расчете (см. подраздел 3.2.4) с периодической прокачкой рабочей жидкости.

4.4. На основании проведенных расчета и анализа устанавливаются режимы нагружения при ускоренных испытаниях:

- температурный режим по пп. 3.2.4, 3.3.2;
- напряжение питания электромагнитов по п. 3.3.5;
- режимы и количество циклов нагружения по пп. 3.4 и 3.5.

№ изм | № изв. | 3269 | Инв. № дубликата | Инв. № подлинника

4.5. Полученные результаты режимов ускоренных испытаний сводятся в табл. 11.

Таблица 11

Участок температурного цикла	Температура рабочей жидкости и окружающей среды, °С	Число температурных циклов $n_{т.ц}$	Число циклов срабатываний N_c^n	Число циклов повышения давления N_n	Время испытаний $\tau^н$, ч	Давление рабочей жидкости P, кгс/см^2	Напряжение питания электромагнита $U^н$, В	Время выдержки электромагнита под напряжением $\tau_{эм}^н$, ч
1	$t^у_{ж_1} = t^у_{о.с_1}$	–	$N^у_{c_1}$	$N^у_{п_1}$	$\tau^у_1$	$P^у_1$	$U^у_1$	$\tau^у_{эм_1}$
2	$t^у_{ж_2} = t^у_{о.с_2}$	$n^у_{т.ц}$	$N^у_{c_2}$	$N^у_{п_2}$	$\tau^у_2$	$P^у_2$	$U^у_2$	$\tau^у_{эм_2}$
j	$t^у_{ж_j} = t^у_{о.с_j}$	–	$N^у_{c_j}$	$N^у_{п_j}$	$\tau^у_j$	$P^у_j$	$U^у_j$	$\tau^у_{эм_j}$

4.6. На основании выбранных режимов разрабатывается программа ускоренных испытаний на ресурс. Программа ускоренных испытаний вводится в действующую техническую документацию по согласованию с представителем заказчика после подтверждения эквивалентности режимов нормальных и ускоренных испытаний по рекомендуемому приложению 1.

4.7. Примеры расчета режимов ускоренных эквивалентных испытаний электрогидравлического распределителя и регулятора расхода даны в справочном приложении 2.

№ изм. № изв. Инв. № дубликата Инв. № подлинника 3269

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Рекомендуемое

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПРОВЕРКЕ И ПОДТВЕРЖДЕНИЮ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ РЕЖИМОВ НОРМАЛЬНЫХ И УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ РЕЖИМОВ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

1.1. Режимы ускоренных испытаний, полученные расчетным путем согласно Методики, экспериментально проверяются и подтверждаются в процессе проведения ускоренных испытаний, при этом:

- проверяется работоспособность агрегата на режимах ускоренных испытаний;
- используются полученные результаты для установления эквивалентности ускоренных и нормальных испытаний.

1.2. Для экспериментального подтверждения режима ускоренных испытаний проводятся ускоренные испытания в последовательности, установленной для нормальных испытаний, на оборудовании, обеспечивающем воспроизведение расчетных ужесточенных режимов по нагрузкам и температурам.

1.3. Отработка ресурса агрегата при ускоренных испытаниях проводится в соответствии с расчетными режимами (см. табл. 11 настоящего стандарта).

1.4. При проведении испытаний с целью проверки и подтверждения режимов ускоренных испытаний сохраняется объем контрольных проверок и испытаний на внешние воздействия в соответствии с ТУ (ТЗ).

При испытаниях с целью отработки программ и уточнения режимов ускоренных испытаний допускается, по согласованию с представителем заказчика, проводить только отработку ресурса и необходимые контрольные проверки агрегата.

1.5. Агрегаты с непрерывным потоком жидкости, режимы ускоренных испытаний которых предусматривают испытания при повышенных температурах окружающей среды, рекомендуется испытывать не в тепловой камере, а в теплоизолирующем кожухе. В этом случае агрегат обертывается двумя слоями теплоизолирующего материала.

1.6. Режимы ускоренных испытаний удовлетворяют условиям работоспособности агрегата, если:

- характеристики агрегата при контрольных проверках, проведенных в объеме и при условиях, указанных в ТУ (ТЗ), удовлетворяют требованиям ТУ (ТЗ);
- состояние деталей и узлов, а также результаты их микрообмера удовлетворяют требованиям технической документации.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

2. ОЦЕНКА ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ РЕЖИМОВ ИСПЫТАНИЙ

2.1. Режимы ускоренных испытаний должны быть эквивалентными режимам нормальных испытаний по своему воздействию на техническое состояние агрегата.

2.2. Эквивалентность режимов испытаний может устанавливаться:

- методом расчета;
- методом сравнительных испытаний агрегата - прототипа;
- методом сравнения с результатами эксплуатации;
- методом сравнительных испытаний.

2.3. Для оценки эквивалентности режимов испытаний по техническому состоянию элементов и узлов агрегата производятся следующие работы:

- определение функциональных характеристик (параметров) и контрольные проверки в объеме и при условиях, установленных в ТУ (ТЗ);
- микрообмер поверхностей трения подвижных элементов (золотников, гильз, клапанов, седел и т.п.);
- обмер и определение характеристик пружин;
- микрообмер резиновых уплотнительных колец и мест их установки, расчет фактических натягов и величин растяжения резиновых колец по среднему диаметру;
- взвешивание резиновых и фторопластовых уплотнительных колец.

2.4. Оценка технического состояния комплектующих изделий по результатам ускоренных испытаний производится согласно ТУ (ТЗ).

2.5. При установлении эквивалентности ускоренных и нормальных испытаний по режимам испытаний рекомендуется проводить:

- сравнение и анализ величин изменения функциональных характеристик и контрольных параметров, установленных в ТУ (ТЗ) на агрегаты;
- расчет и сравнение величин и характера износа поверхностей подвижных элементов;
- сравнение величин изменения характеристик пружин;
- расчет величин относительной остаточной деформации резиновых колец и сравнение полученных величин;
- расчет и сравнение величин и характера износа, состояния поверхностей резиновых уплотнений.

2.6. Допускаемое отклонение сравниваемых величин друг от друга не должно превышать величины, определяемой вероятностными законами разброса параметров гидроагрегатов, обычно не более 10 . . . 20%; при больших отклонениях производится корректировка режимов ускоренных испытаний и ускоренные испытания повторяются.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ УСКОРЕННЫХ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

В настоящем приложении приводятся примеры расчета режимов ускоренных эквивалентных испытаний на гарантийный ресурс двухпозиционного электрогидравлического распределителя и регулятора расхода.

Пример 1. Электрогидравлический распределитель

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

1.1. Условия отработки гарантийного ресурса приведены в табл. 1.

Таблица 1

Температура рабочей жидкости $t_{ж}^{н}$, °С	Температура окружающей среды $t_{ос}^{н}$, °С	Число температурных циклов $n_{т.ц}$	Число циклов срабатываний $N_{ц}^{н}$	Число циклов повышения давления у проходников $N_{п}^{н}$*		Время испытаний $T^{н}$, ч	Давление рабочей жидкости $P^{н}$, кгс/см^2	Напряжение питания электромагнита $U^{н}$, В	Время выдержки $t_{выд}^{н}$
				"Насос"	"Бак"				
+20	+20	-	1000	1000	1000	не огов.	210	27	-
60-130	60-170	500	9000	9000	9000	2000			1000
130	170								
130-100	170-100								
100	100								
100-60	100-60								

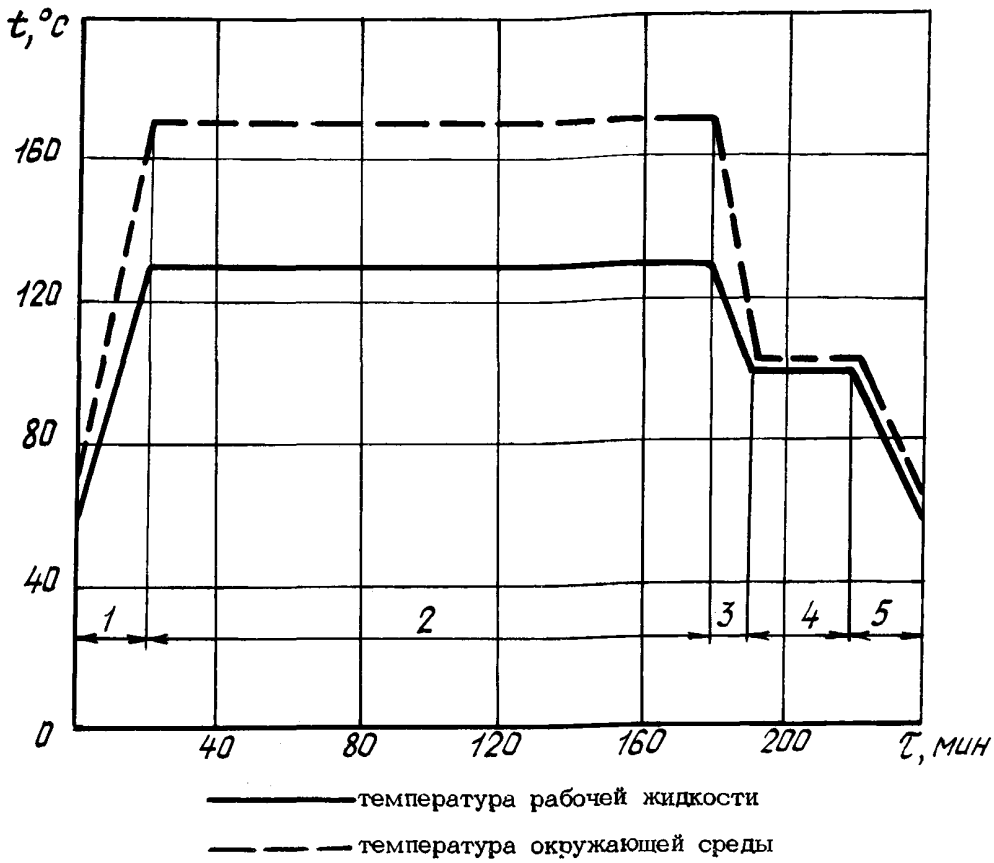
* Повышения давления агрегата производятся:

- у проходника "Насос" с 220 до 300 кгс/см^2 при времени действия не более 0,1 с;
- у проходника "Бак" с 20 до 100 кгс/см^2 при времени действия не более 0,1 с.

При этом срабатывания агрегатом не производятся.

№ изм. № изв. Инв. № дубликата Инв. № подлинника 3269

График температурного цикла приведен на черт. 1.



Черт. 1

1.2. Рабочая жидкость – 7-50С-3.

1.3. Окружающая среда – воздух.

1.4. Давление у проходника "Бак" – не более 20 кгс/см^2.

1.5. Проток рабочей жидкости через агрегат – в течение всего времени работы.

1.6. Расход рабочей жидкости – до 60 л/мин.

1.7. Гидравлическое сопротивление агрегата при температуре рабочей жидкости $25 \pm 10^{\circ}$С и расходе 60 л/мин – не более 10 кгс/см^2.

1.8. Режим работы электромагнита – длительный. 50% гарантийного ресурса электромагнит находится под напряжением.

1.9. Время срабатывания при минимальном давлении у проходника "Насос" при положительных температурах – не более 0,15 с.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

2. АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕЖИМОВ ИСПЫТАНИЙ НА ЭЛЕМЕНТЫ

2.1. Элементами, изменяющими свое состояние в результате воздействия заданного количества температурных циклов, являются резиновые уплотнения (черт. 2, поз. 2 и 3) и электроизоляция обмотки электромагнита и выводных концов (черт. 2, поз. 9). Для этих элементов преобладающим является процесс старения материала.

Материалы резиновых уплотнений - ИРП-1287 и ИРП-1353.

Материал обмоточного провода электромагнита - ПНЭТ-имид, класс "С".

2.2. Элементами, изменяющими свое состояние в результате воздействия заданного количества срабатываний, являются (см. черт. 2):

- шариковый датчик - поз. 8 (клапан-седло), плоский золотник с опорными втулками - поз. 5, поршни - поз. 4 и подвижные резиновые уплотнения. Для этих элементов преобладающим является процесс изнашивания контактирующих поверхностей;

- корпус - поз. 10, пробки - поз. 1, проходники - поз. 7, пружины - поз. 11, для которых преобладающим является процесс накопления усталостных повреждений.

Накопление усталостных повреждений в корпусе, пробках и проходниках происходит также в результате повышения давления в полостях агрегата.

3. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ИЗ УСЛОВИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ СТАРЕНИЯ РЕЗИНОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

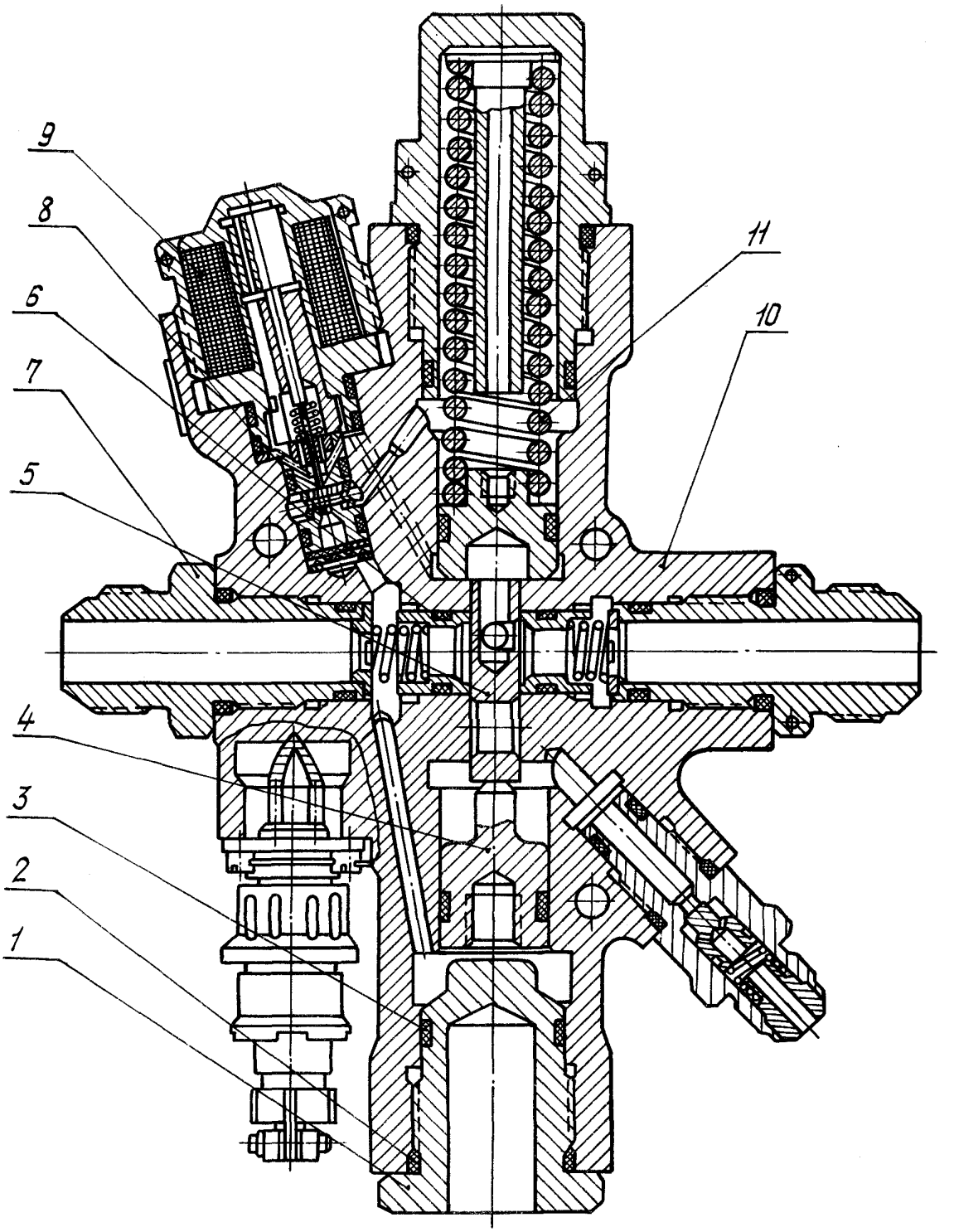
3.1. Определение температуры неподвижных резиновых уплотнений при нормальных испытаниях.

3.1.1. Эквивалентная температура окружающей среды и рабочей жидкости определяется по температурному циклу (см. черт. 1). На участках 1, 3 и 5 температура определяется графическим интегрированием. Так как температуры на этих участках изменяются линейно, то эквивалентное (расчетное) значение температуры $t^{н}_{рас}$ будет равно ее среднему значению на участке. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2

Участок	Температура, °С							Коэффициент температурной нагрузки A
	$t^{н}_{ос}$	$t^{н}_{ж}$	$t^{н}_{ос.расч}$	$t^{н}_{ж.расч}$	$\Delta t^{н}_{эм}$	$t^{н}_{ос}-t^{н}_{ж}$	$\Delta t^{н}_{ос}$	
1	60-170	60-130	115	95	6	20	3	0,15
2	170	130	170	130	4	40	4	0,10
3	170-100	130-100	135	115	5	20	3	0,15
4	100	100	100	100	7	0	0	-
5	100-60	100-60	80	80	8	0	0	-

№ изм. № изв. Инв. № дубликата Инв. № подлинника 3269



1 – пробка; 2 – уплотнительное кольцо; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – поршень; 5 – плоский золотник; 6 – опорные втулки; 7 – проходник; 8 – шариковый датчик; 9 – обмотка электромагнита; 10 – корпус; 11 – пружина

Черт. 2

№ изм. № изв.
Инв. № дубликата
Инв. № подлинника
3269

3.1.2. Температурой нагрева уплотнений от дросселирования $\Delta t_{др}$ пренебрегаем ввиду небольшого сопротивления внутренних каналов агрегата.

3.1.3. Температуру нагрева уплотнений при длительном включении электромагнита $\Delta t^{н}_{эм}$ определяем по графику (черт. 1 настоящего стандарта). Результаты приведены в табл. 2.

3.1.4. Температуру нагрева уплотнений от воздействия окружающей среды $\Delta t^{н}_{ос}$ определяем по формуле 5 настоящего стандарта с применением зависимостей графика (черт. 2 настоящего стандарта). Результаты приведены в табл. 2.

3.1.5. Температуру неподвижных резиновых уплотнений определяем по формуле 2 настоящего стандарта. Результаты расчета приведены в табл. 3.

Таблица 3

Участок	Температура, °С						
	$t^{н}_{ж}$	при включенном электромагните			при выключенном электромагните		
		$\Delta t^{н}_{эм}$	$\Delta t^{н}_{ос}$	$t^{н}_{ру}$	$\Delta t^{н}_{эм}$	$\Delta t^{н}_{ос}$	$t^{н}_{ру}$
1	95	6	3	104	0	3	98
2	130	4	4	138	0	4	134
3	115	5	3	123	0	3	118
4	100	7	0	107	0	0	100
5	80	8	0	88	0	0	80

3.2. Определение температуры неподвижных резиновых уплотнений при ускоренных испытаниях

3.2.1. На основе рекомендаций пп. 3.2.2 и 3.2.8 настоящего стандарта принимаем $t^{у}_{ж} = t^{у}_{ос} = 170\,^{\circ}C = Const$.

3.2.2. Температуры нагрева уплотнений от дросселирования, от электромагнита и от воздействия окружающей среды расчитываем так же, как указано в пп. 3.1.2 - 3.1.4. и получаем:

$$\Delta t_{др} = 0;$$

$$\Delta t_{эм} = 4\,^{\circ}C \text{ при } U = 27\ В;$$

$$\Delta t_{ос} = 0.$$

3.2.3. Температуру уплотнений определяем по формуле (2) настоящего стандарта, при этом температура $t^{у}_{ру}$ будет равна:

- при включенном электромагните $t^{у}_{ру_1} = 170 + 4 = 174\,^{\circ}C$;
- при выключенном электромагните $t^{у}_{ру_2} = 170\,^{\circ}C$.

№ изм. № изв. Инв. № дубликата Инв. № подлинника 3269

3.3. Расчет времени эквивалентного старения неподвижных резиновых уплотнений.

3.3.1. Расчет времени $\tau_{ру}^{у}$ проводится по формулам (6) и (8) настоящего стандарта. Значения коэффициентов $\varkappa_i$ находятся в табл. 2 настоящего стандарта.

3.3.2. Результаты расчета времени эквивалентного старения уплотнений из резины ИРП-1287 и порядок расчета для одного температурного цикла приведены в табл. 4.

Общее время эквивалентного старения уплотнений из резины ИРП-1287 в течение гарантийного ресурса составляет.

$$\tau_{ру}^{у} = n_{тц} \sum \tau_{ру_j}^{у} = \tau_{ру_1}^{у} + \tau_{ру_2}^{у} = 140{,}5 + 122 = 262{,}5 \text{ ч.}$$

3.3.3. Время эквивалентного старения уплотнений из резины ИРП-1353 подсчитываем аналогично п. 3.3.2.

Общее время эквивалентного старения уплотнений из резины ИРП-1353 в течение гарантийного ресурса составляет:

$$\tau_{ру}^{у} = 123{,}5 + 127{,}5 = 251 \text{ ч.}$$

3.3.4. В связи с тем, что время эквивалентного старения из резины ИРП-1287 превышает время эквивалентного старения уплотнений из резины ИРП-1353, то, согласно п. 3.2.9 настоящего стандарта, принимаем время испытаний на тепловое воздействие: $\tau_{ру}^{у} = 263$ ч.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

Таблица 4

Участок	Время, $\tau^{н}_{ру_j}$, мин	Температура, °С: $t^{н}_{ру_j}$	$t^{у}_{ру}$	$\Delta t_{ру_j}$	$\prod_{i=1}^{i=n} x_i$ – произведение коэффициентов, характеризующих старение резины	Время, $\tau^{у}_{ру_j}$, мин
1	20	104		70	$1,65^{0,6} \cdot 1,64 \cdot 1,61 \cdot 1,55 \cdot 1,53 \cdot 1,58 \cdot 1,63 \cdot 1,68^{0,4} = 26,78$	0,747
2	160	138		36	$1,55^{0,2} \cdot 1,53 \cdot 1,58 \cdot 1,63 \cdot 1,68^{0,4} = 5,28$	30,300
3	10	123	174	51	$1,61^{0,7} \cdot 1,55 \cdot 1,53 \cdot 1,58 \cdot 1,63 \cdot 1,68^{0,4} = 9,55$	1,047
4	30	107		67	$1,65^{0,3} \cdot 1,64 \cdot 1,61 \cdot 1,55 \cdot 1,53 \cdot 1,58 \cdot 1,63 \cdot 1,68^{0,4} = 23,03$	1,303
5	20	88		86	$1,79^{0,2} \cdot 1,69 \cdot 1,65 \cdot 1,64 \cdot 1,61 \cdot 1,55 \cdot 1,53 \cdot 1,58 \cdot 1,63 \cdot 1,68^{0,4} = 63,16$	0,317
$\Sigma\tau^{н}_{ру_1}$	240					33,714
1	20	98		72	$1,69^{0,2} \cdot 1,65 \cdot 1,64 \cdot 1,61 \cdot 1,55 \cdot 1,53 \cdot 1,58 \cdot 1,63 = 29,51$	0,678
2	160	134		36	$1,55^{0,6} \cdot 1,53 \cdot 1,58 \cdot 1,63 = 6,104$	26,212
3	10	118	170	52	$1,64^{0,2} \cdot 1,61 \cdot 1,55 \cdot 1,53 \cdot 1,58 \cdot 1,63 = 10,86$	0,921
4	30	100		70	$1,65 \cdot 1,64 \cdot 1,61 \cdot 1,55 \cdot 1,53 \cdot 1,58 \cdot 1,63 = 26,61$	1,274
5	20	80		90	$1,79 \cdot 1,69 \cdot 1,65 \cdot 1,64 \cdot 1,61 \cdot 1,55 \cdot 1,53 \cdot 1,58 \cdot 1,63 = 80,98$	0,247
$\Sigma\tau^{н}_{ру_2}$	240					29,332

4. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ИЗ УСЛОВИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ СТАРЕНИЯ ОБМОТКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТА

4.1. Расчет температуры обмотки электромагнита при нормальных испытаниях.

4.1.1. Расчет температуры обмотки производится по формуле (11) настоящего стандарта. Значения перегревов $\Delta t_{об}$ определяем по графику черт. 1 настоящего стандарта, исходя из того, что $t_{кожс} = t_{ос}$.

У агрегата с непрерывным протоком рабочей жидкости температура кожуха электромагнита будет близка к температуре корпуса. Это обеспечивается наличием теплового моста. Поэтому принимаем $t_{кожс} = t_{эл} \approx t_{ру}$.

Так как режим работы электромагнита длительный, принимаем $K_э = 1$.

Результаты расчета $t_{об}$ приведены в табл. 5.

Таблица 5

Участок	Температура, °С			
	при включенном электромагните			при выключенном электромагните
	$t_{кожс}$	$\Delta t_{об}$	$t_{об}$	$t_{об}$
1	104	52	156	98
2	138	46	184	134
3	123	49	172	118
4	107	51	158	100
5	88	55	143	80
Ускоренные испытания	174	43	217	170

4.2. Расчет температуры обмотки электромагнита при ускоренных испытаниях.

4.2.1. Расчет температуры обмотки при ускоренных испытаниях ведется аналогично п. 4.1.1.

Результаты расчета приведены в табл. 5.

4.3. Расчет времени эквивалентного старения обмотки электромагнита.

4.3.1. Расчет времени эквивалентного старения обмотки электромагнита $\tau_{об}^{у}$ производится по формуле (14) настоящего стандарта.

Значение коэффициента γ определяется по табл. 3 настоящего стандарта $\gamma = 20{,}9$°С.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

4.3.2. Порядок расчета и полученные результаты для одного температурного цикла нагружения с включенным и выключенным электромагнитом приведены в табл. 6.

Таблица 6

Участок		Время, $\tau^{н}_{об_j}$, мин	Температура, °С				Основание натурального логарифма e^{z}	Время, $\tau^{у}_{об_j}$, мин
			$t^{н}_{об_j}$	$t^{у}_{об_j}$	$t^{н}_{об_j} - t^{у}_{об_j}$	$z = \frac{t^{н}_{об_j} - t^{у}_{об_j}}{\gamma}$		
Электромагнит включен	1	20	156	217	-61	-2,919	0,054	1,08
	2	160	184		-33	-1,579	0,206	32,96
	3	10	172		-45	-2,153	0,116	1,16
	4	30	158		-59	-2,823	0,060	1,80
	5	20	143		-74	-3,541	0,029	0,58
	$\Sigma\tau_{об_1}$	240	-		-	-	-	37,58
Электромагнит выключен	1	20	98	170	-72	-3,445	0,032	0,64
	2	160	134		-36	-1,722	0,179	28,64
	3	10	118		-52	-2,488	0,083	0,83
	4	30	100		-70	-3,349	0,035	1,05
	5	20	80		-90	-4,306	0,013	0,26
	$\Sigma\tau_{об_2}$	240	-		-	-	-	31,42

Время эквивалентного старения обмотки за один температурный цикл составляет:

- при включенном электромагните $\tau^{у}_{об_1}$ = 37,58 мин;

- при выключенном электромагните $\tau^{у}_{об_2}$ = 31,42 мин.

Эквивалентное время старения обмотки в течение гарантийного ресурса составляет: $\tau^{у}_{об} = n_{тц}\tau^{у}_{об_1} + n_{тц}\tau^{у}_{об_2}$ = 189,9 + 130,9 = 321 ч.

4.3.4. Так как $\tau^{у}_{ру} < \tau^{у}_{об_1}$, то рассчитываем необходимое напряжение питания электромагнита, при котором будет достигнуто эквивалентное старение электроизоляционного материала обмотки в течение времени $\tau^{у}_{ру}$.

Используя формулу (15) настоящего стандарта и учитывая, что в п. 3.2.2 получено время испытания агрегата с включенным электромагнитом $\tau^{у}_{ру_1}$ = 140,5 ч находим $U^{у}$.

$$U^{у} = 27(1 + 0{,}004 \cdot 20{,}9 \cdot l_{п} \cdot 190/140{,}5) = 27{,}8 \text{ В}.$$

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ЦИКЛОВ НАГРУЖЕНИЯ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

5.1. Рассматриваемый электрогидравлический распределитель имеет шариковый датчик. Учитывая рекомендации п. 3.5.3 настоящего стандарта принимаем

$$N_c^y = N_c^н .$$

5.2. Определим допустимую частоту срабатывания по формуле (29) настоящего стандарта с учетом п. 1.9. Цикл срабатывания распределителя – включение и выключение электромагнита. Тогда $\tau_{доп} = 0{,}3$ с; $f^y = \frac{1}{0{,}3} \approx 3$ Гц.

5.3. Время, необходимое для отработки циклов срабатывания, определяем по формулам (28) настоящего стандарта

– при нормальной температуре:

$$\tau_{c_1}^y = \frac{N_{c1}^y}{f^y} = \frac{1000}{3} = 333{,}3 \text{ с} \approx 0{,}1 \text{ ч};$$

– при температурных циклах:

$$\tau_{c_2}^y = \frac{N_{c2}^y}{f^y} = \frac{9000}{3} = 3000 \text{ с} = 0{,}835 \text{ ч}.$$

5.4. Время, необходимое для отработки повышения давления, определяем по формуле (27) настоящего стандарта

у проходника "Насос":

– при нормальной температуре

$$\tau_{п_1}^y = 1000 \cdot 0{,}1 = 100 \text{ с} \approx 0{,}03 \text{ ч};$$

– при температурных циклах

$$\tau_{п_2}^y = 9000 \cdot 0{,}1 = 900 \text{ с} \approx 0{,}25 \text{ ч};$$

у проходника "Бак":

– при нормальной температуре

$$\tau_{п_3}^y = 1000 \cdot 5 = 5000 \text{ с} = 1{,}39 \text{ ч};$$

– при температурных циклах

$$\tau_{п_4}^y = 9000 \cdot 5 = 12{,}5 \text{ ч}.$$

Так как отработку повышения давления у проходников "Насос" и "Бак" можно производить одновременно, принимаем большее значение полученного времени.

5.5. Расчеты показали, что время испытаний на механическое воздействие составляет небольшую часть времени испытаний на тепловое воздействие. Поэтому в соответствии с рекомендациями настоящего стандарта предусматриваем отработку испытаний на механическое воздействие при частоте f^y = 3 Гц и сохранении остальных требований технических условий.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

6. УСТАНОВЛЕНИЕ РЕЖИМОВ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

6.1. Общее время ускоренных испытаний определяем по формуле (36) настоящего стандарта

$$\tau^{у}_{общ} = \tau^{у}_{теп} + \tau^{у}_{мех} = \tau^{у}_{ру} + \tau^{у}_{с_1} + \tau^{у}_{с_2} + \tau^{у}_{п_3} + \tau^{у}_{п_4} =$$

$$= 263 + 0{,}1 + 0{,}84 + 1{,}39 + 12{,}5 = 278 \text{ ч.}$$

6.2. Режимы ускоренных испытаний приведены в табл. 7.

Таблица 7

Температура окружающей среды и рабочей жидкости, °С $t^{у}_{ос} = t^{у}_{ж}$	Число циклов срабатываний $N^{у}_{с}$	Число циклов повышения давлений $N^{у}_{п}$ у проходников		Время испытаний $\tau^{у}$, ч	Давление рабочей жидкости, $p^{у}$, кгс/см^2	Напряжение питания электромагнита U, В	Время выдержки электромагнита под напряжением $\tau^{у}_{эм}$, ч
		"Насос"	"Бак"				
+20	1000	1000	1000	Не оговорено	210	27,0	-
+170	9000	9000	9000	278		27,8	141*

* Выдержка в термостате.

6.3. Коэффициент ускорения испытаний определяется по формуле

$$K_{у} = \frac{\tau^{н}}{\tau^{у}_{общ}} = \frac{2000\,ч}{278\,ч} = 7{,}2.$$

Пример № 2. Регулятор расхода

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

1.1. Гарантийный срок службы - 100 000 изменений давления на входе в агрегат в течение 3000 летных ч.

Циклы нагружения по давлению (см. черт. 1 и 2).

Условия отработки приведены в табл. 1.

№ изм. № изв. Инв. № дубликата Инв. № подлинника 3269

Таблица 1

Температура, °С		Число температурных циклов	Число циклов нагружения	Время испытаний
рабочей жидкости $t^н_{ж}$	окружающей среды $t^н_{ос}$	$n_{т.ц}$	$N^н_j$ по давлению	$\tau^н$, ч
20	20	-	17500	-
60-125	60-140	1000	-	3000
125	140		7500	
125-90	140-70		-	
90	70		22500	
90-60	70-60		-	
-60	-60	-	2500	-

1.2. Рабочая жидкость - АМГ-10 ГОСТ 6794-75.

1.3. Окружающая среда - воздух.

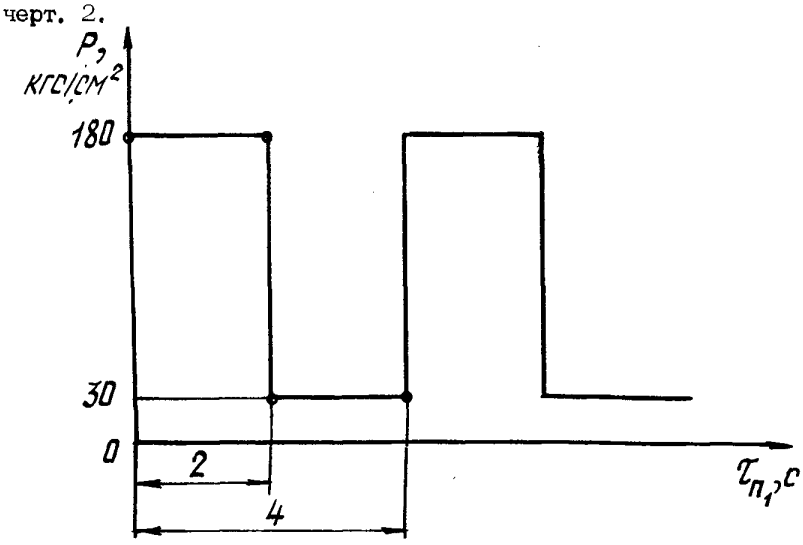
1.4. Рабочее давление номинальное - 210 кгс/см^2.

1.5. Расход жидкости, поддерживаемый регулятором расхода при положительных температурах и перепаде давления на регуляторе расхода не менее 10 кгс/см^2, минус 14^{+1}_{-2} л/мин.

1.6. Материалами деталей регулятора расхода, изменяющими свое состояние и определяющими работоспособность агрегата, являются:

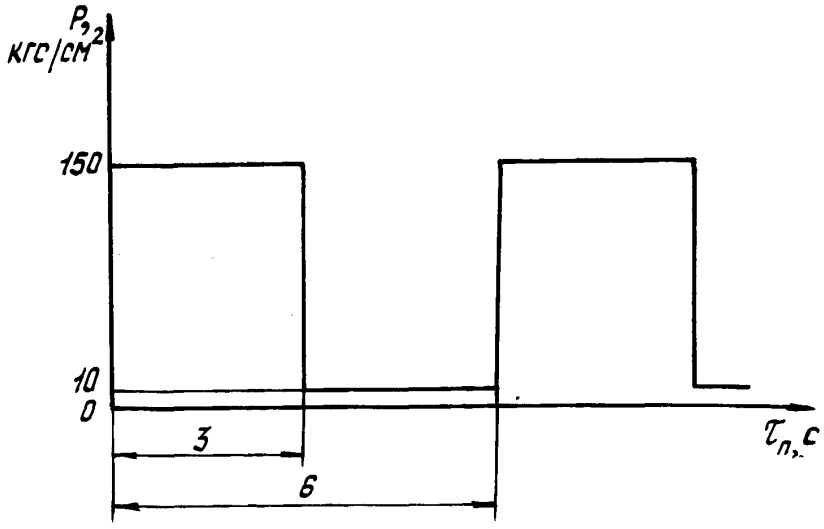
- корпус - алюминиевый сплав марки АК6;
- колпак - алюминиевый сплав марки АК6;
- пружины - проволока углеродистая по ГОСТ 9389-75, кл. ПА;
- резиновые уплотнительные кольца - резина ИРП-1353.

1.7. Циклы нагружения по давлению при нормальных испытаниях приведены на черт. 1 и черт. 2.



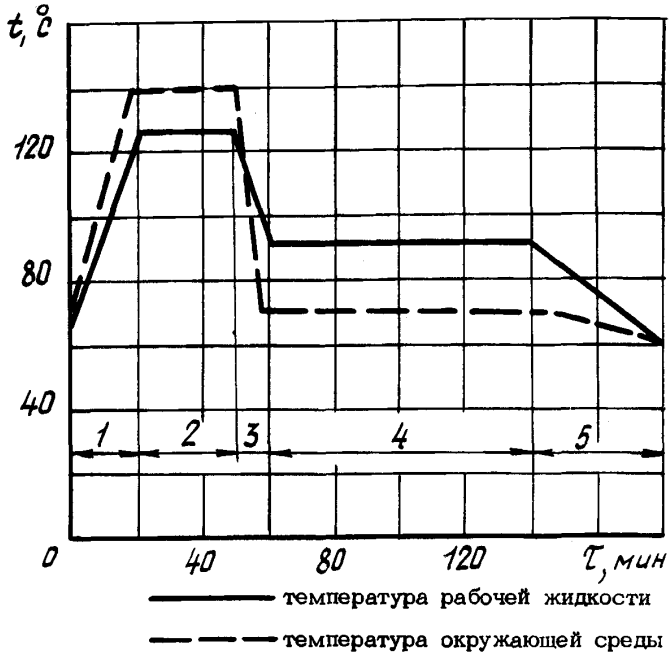
Черт. 1

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника



Черт. 2

1.8. График температурного цикла приведен на черт. 3.

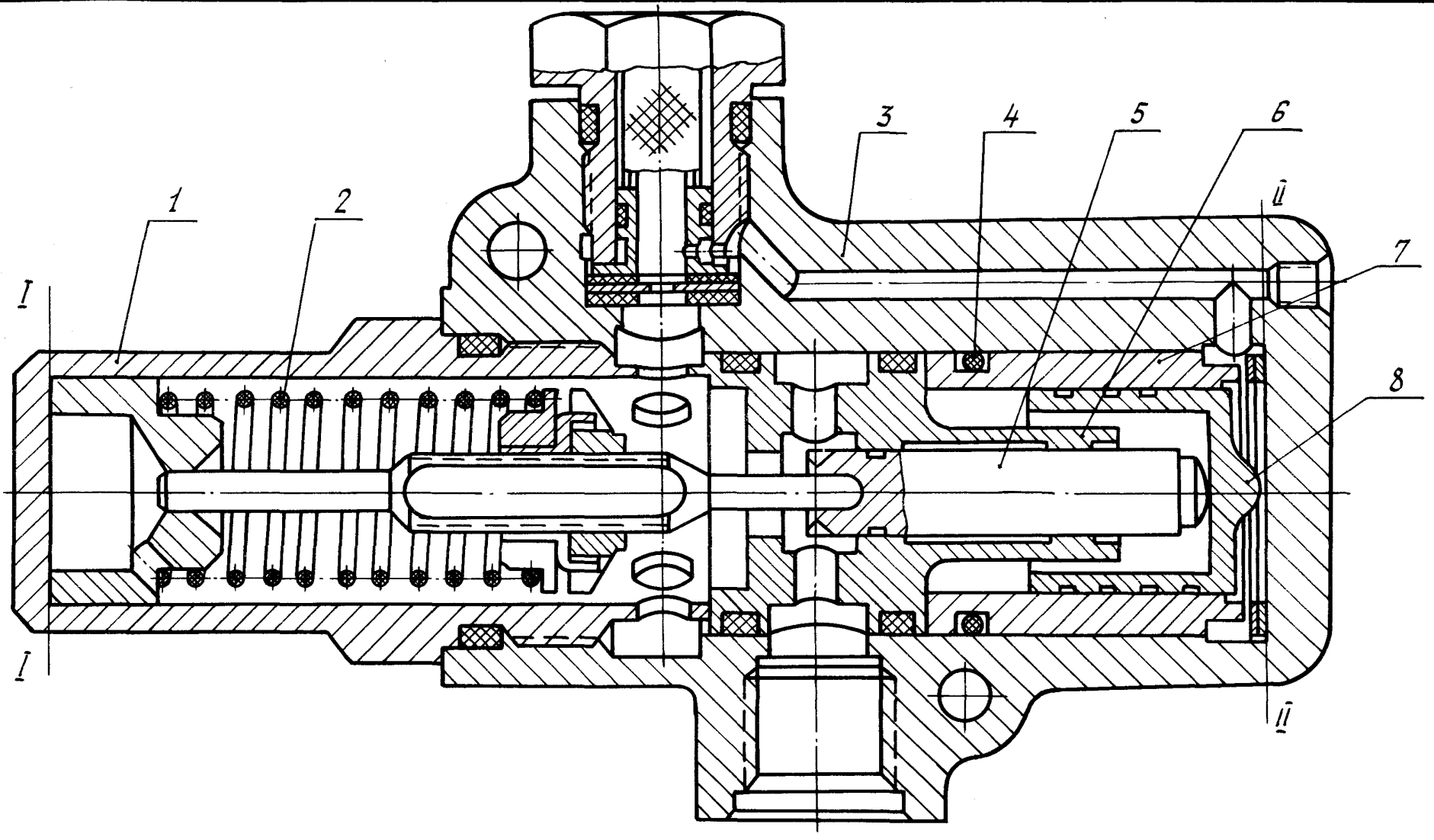


Черт. 3

2. АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕЖИМОВ ИСПЫТАНИЙ НА ЭЛЕМЕНТЫ

2.1. Элементами, изменяющими свое состояние в результате воздействия заданного числа температурных циклов, являются резиновые уплотнительные кольца черт. 4, поз. 4. Для этих элементов преобладающим является процесс старения материала.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника



1 – колпак; 2 – пружина; 3 – корпус; 4 – уплотнительное кольцо; 5 – золотник; 6 – гильза; 7 – гильза; 8 – поршень

Черт. 4

2.2. Элементами, изменяющими свое состояние в результате воздействия заданного числа циклов срабатываний, являются (см. черт. 4):

– золотник – поз. 5, гильзы – поз. 6 и 7, поршень – поз. 8. Для этих элементов преобладающим является процесс износа трущихся поверхностей;

– колпак – поз. 1, пружина – поз. 2, корпус – поз. 3. Для этих элементов преобладающим является процесс накопления усталостных повреждений.

3. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ИЗ УСЛОВИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ СТАРЕНИЯ РЕЗИНОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

3.1. Определение температуры неподвижных резиновых уплотнений при нормальных испытаниях.

3.1.1. Эквивалентную температуру окружающей среды и рабочей жидкости определяем по температурному циклу (черт. 3). На участках 1, 3 и 5 температуру определяем графическим интегрированием. Так как температура на этих участках изменяется линейно, то эквивалентное (расчетное) значение температуры $t^{н}_{рас}$ будет равно ее среднему значению на участке.

3.1.2. Температуру нагрева элементов агрегата при дросселировании рабочей жидкости определяем по формуле (4) настоящего стандарта. Расчет $\Delta t^{н}_{др}$ производится для режима ΔP = 150 кгс/см^2, так как в течение температурного цикла агрегат работает при P = 180 кгс/см^2. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2

Участок	Температура, °С								Коэффициент температурной нагрузки А
	$t^{н}_{ос}$	$t^{н}_{ж}$	$t^{н}_{ос.расч}$	$t^{н}_{ж.расч}$	$\Delta t^{н}_{др}$	$t^{н}_{ос.расч} - t^{н}_{ж.расч}$	$\Delta t^{н}_{ос}$	$t^{н}_{ру.расч}$	
1	60–140	60–125	100	92,5	9,9	-2,4	-0,8	102	0,25
2	140	125	140	125,0	9,9	5,1	1,7	137	0,25
3	140–70	125–90	105	107,5	9,9	-12,4	-2,9	115	0,19
4	70	90	70	90,0	9,9	-29,9	-4,3	96	0,125
5	70–60	90–60	65	75,0	9,9	-19,9	-3,8	81	0,16

3.1.3. Температуру нагрева элементов от воздействия окружающей среды $\Delta t^{н}_{ос}$ определяем по формуле (5) настоящего стандарта с применением зависимостей графика (черт. 2) настоящего стандарта. Результаты приведены в табл. 2.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

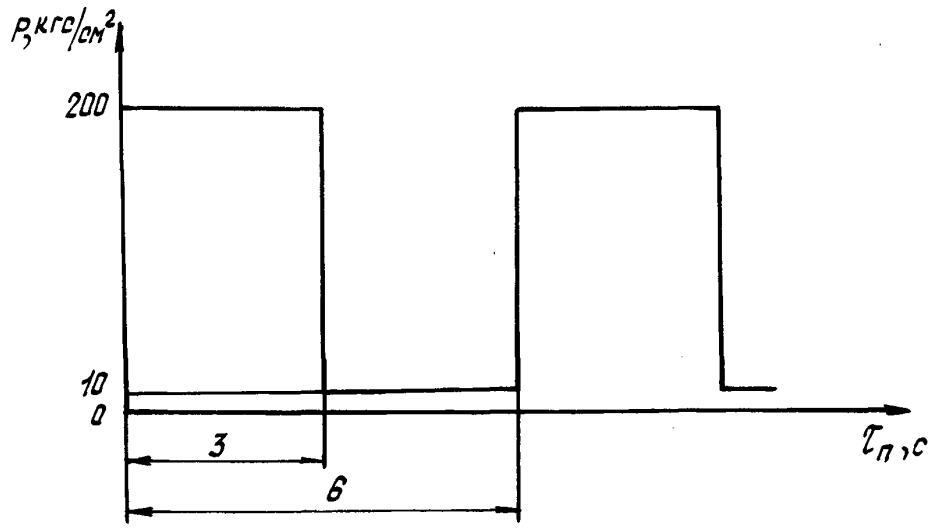
3.1.4. Температуру неподвижных резиновых уплотнений определяем по формуле (2) настоящего стандарта. Результаты приведены в табл. 2.

3.2. Определение температуры неподвижных резиновых уплотнений при ускоренных испытаниях.

3.2.1. На основании рекомендаций настоящего стандарта пп. 3.2.2. и 3.2.8 принимаем

$$t^{y}_{ж} = t^{y}_{ос} = +140\ ^{\circ}C.$$

3.2.2. На основании анализа работы агрегата принимаем цикл нагружения ускоренных испытаний по давлению в соответствии с черт. 5.



Черт. 5

3.2.3. Температура нагрева элементов агрегата от дросселирования рабочей жидкости в режиме нагружения согласно черт. 5 рассчитывается по формуле (4) настоящего стандарта и принимается среднее значение за цикл:

- для режима $\Delta P_{др} = 200$ кгс/см^2

$\Delta t_{др} = 0{,}055 \cdot 200 = 11\ ^{\circ}C$;

- для режима $\Delta P_{др} = 10$ кгс/см^2

$\Delta t_{др} = 0{,}055 \cdot 10 = 0{,}55\ ^{\circ}C$;

- среднее значение нагрева за цикл при $K_{п} = 0{,}5$ составляет

$\Delta t^{y}_{др} = (11 + 0{,}55) \cdot 0{,}5 \simeq 6\ ^{\circ}C.$

3.2.4. Температура нагрева элементов агрегата от воздействия окружающей среды $\Delta t^{y}_{ос} = 0$, так как $t^{y}_{ос} = t^{y}_{ж}$.

№ изм. | № изв. | 3269 | Инв. № дубликата | Инв. № подлинника

3.2.5. Температура резиновых уплотнений и элементов агрегата при ускоренных испытаниях будет равна:

- при отработке циклов нагружения в термокамере

$$t^{y}_{ру} = t^{y}_{эл} = 140 + 6 = 146^{\circ}C;$$

- при выдержке в термостате

$$t^{y}_{ру} = t^{y}_{эл} = 140^{\circ}C.$$

3.3. Расчет времени эквивалентного старения неподвижных резиновых уплотнений.

3.3.1. Расчет времени $\tau^{y}_{ру}$ проводится по формуле (8) настоящего стандарта.

Значения коэффициентов $\mathcal{K}_i$ находятся в табл. 2 настоящего стандарта. Результаты расчета $\tau^{y}_{ру}$ для одного температурного цикла при $t^{y}_{ру} = 146^{\circ}C$ приведены в табл. 3.

3.3.2. Общее время эквивалентного старения резиновых уплотнений за 1000 температурных циклов составит:

$$\tau^{y}_{ру_{общ}} = n_{т.ц} \tau^{y}_{ру} = 1000 \cdot 0{,}5144 = 514{,}4 \text{ ч.}$$

№ изм. № изв.
Инв. № дубликата 3289
Инв. № подлинника

Таблица 3

Участок	Время, $\tau^{н}_{ру_j}$, мин	Температура, °С: $t^{н}_{ру_j}$	Температура, °С: $t^{у}_{ру_j}$	$\Delta t_{ру_j}$, °С	$\prod_{i=1}^{i=n} ж_i$ – произведение коэффициентов, характеризующих старение резины ИРП-1353	Время, $\tau^{у}_{ру_j}$, мин
1	20	102		44	$1,8^{0,8} \cdot 1,72 \cdot 1,65 \cdot 1,61 \cdot 1,59^{0,6} = 9,656$	2,071
2	30	137		9	$1,61^{0,3} \cdot 1,59^{0,6} = 1,515$	19,800
3	10	115	146	31	$1,72^{0,5} \cdot 1,65 \cdot 1,61 \cdot 1,59^{0,6} = 4,596$	2,175
4	80	96		50	$1,87^{0,4} \cdot 1,8 \cdot 1,72 \cdot 1,65 \cdot 1,61 \cdot 1,59^{0,6} = 13,94$	5,739
5	40	81		65	$1,95^{0,9} \cdot 1,87 \cdot 1,8 \cdot 1,72 \cdot 1,65 \cdot 1,61 \cdot 1,59^{0,6} = 37,05$	1,080
Σ	180					30,865

4. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ЦИКЛОВ НАГРУЖЕНИЯ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

4.1. По данным расчета на прочность в режимах, указанных в ТУ, определены элементы агрегата, имеющие наименьший запас усталостной прочности (см. черт. 4):

- колпак - поз. 1, сечение I - I;
- корпус - поз. 3, сечение II - II;
- пружина - поз. 2.

4.2. Расчет эквивалентного числа циклов нагружения колпака.

4.2.1. Исходные данные для расчета:- материал колпака - алюминиевый сплав АК6.

По справочным материалам находим

$\sigma_в$ = 39 кгс/мм^2; σ_{-1} = 14,5 кгс/мм^2; $N_a = 2 \cdot 10^7$;

- при расчете на прочность в сечении I - I получена зависимость $\sigma = 9P \cdot 10^{-2}$;

- по справочным данным коэффициенты для расчета имеют следующие значения:

K_σ = 1,45; ε_σ = 0,92; β = 0,9; ψ_σ = 0,55.

4.2.2. Определение эквивалентного числа циклов нагружения производим согласно п. 3.4 настоящего стандарта:

- амплитуды напряжений σ_a от наибольшей длительно действующей нагрузки определяются по табл. 9 настоящего стандарта.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2};$$

- коэффициент долговечности $K_{долг.\sigma}$ (в данном расчете использован как коэффициент приведения к амплитуде напряжений от наибольшей длительно действующей нагрузки) определяется по формуле (25) настоящего стандарта

$$K_{долг.\sigma} = \sqrt[m]{\frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\sigma_{a_i}}{\sigma_a}\right) N_i};$$

- приведенные амплитуды цикла $(\sigma_a)_{пр}$ определяются по формуле (23) настоящего стандарта

$$(\sigma_a)_{пр} = \sigma \cdot K_{долг.\sigma};$$

- средние напряжения цикла $\sigma_{ср}$ определяются по формуле табл. (8) настоящего стандарта

$$\sigma_{ср} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2};$$

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

– эквивалентные напряжения $\sigma_{a\,экв}^{н}$ и $\sigma_{a\,экв}^{у}$ определяются по формуле (19) настоящего стандарта

$$\sigma_{a\,экв} = (K_\sigma)_D \cdot (\sigma_a)_{пр} + \psi_\sigma \cdot \sigma_{ср},$$

где $(K_\sigma)_D = \dfrac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma \cdot \beta} = \dfrac{1,45}{0,92 \cdot 0,9} = 1,75;$

– значения коэффициентов K_{t_j} для расчета нормальных и ускоренных испытаний находятся в табл. (5) настоящего стандарта. Для температур, не указанных в табл. (5) настоящего стандарта, значения K_{t_j} определяются методом линейной интерполяции.

Например, для $t_{эл}^{у} = 146^{\circ}C$:

$$K_t = 0,785 + \frac{(0,93 - 0,785)\cdot(150 - 146)}{150 - 100} = 0,798;$$

– эквивалентное число циклов нагружения $N_{пj}^{у}$ определяется по формуле

$$N_{пj}^{у} = \sum_{j=1}^{j=n_{т.ц}} N_{пj}^{н} \left(\frac{K_t^{у}}{K_t^{н}} \cdot \frac{\sigma_{a\,экв}^{н}}{\sigma_{a\,экв}^{у}} \right)^{m}.$$

Результаты расчета нормальных напряжений в зависимости от циклов нагружения, давления рабочей жидкости приведены в табл. 4.

Таблица 4

Режимы	Время выдержки под давлением τ, мин	Давление рабочей жидкости P, кгс/см^2	Напряжение, кгс/мм^2						$K_{долг.\sigma}$
			σ_{max}	σ_{min}	σ_a	$\sigma_{ср}$	$(\sigma_a)_{пр}$	$\sigma_{a\,экв}$	
Нормальный	0,03	180	16,20	–	6,75	9,45	1,75	8,26	0,26
	0,03	30	–	2,70					
	0,05	150	13,50	–	6,30	7,20			
	0,05	10	–	0,90					
Ускоренный	–	200	18,00	–	8,85	9,45	2,23	9,10	0,23
		10	–	0,90					

Результаты расчета коэффициента, характеризующего изменение предела выносливости K_t и эквивалентное число циклов нагружения в зависимости от температуры, приведены в табл. 5.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

Таблица 5

Температура, °С		$K_{t_j}^{н}$	$K_{t_j}^{у}$	$\frac{K_{t_j}^{у}}{K_{t_j}^{н}}$	Число циклов нагружения	
$t_{эл.расч}^{н}$	$t_{эл.расч}^{у}$				$N_{пj}^{н}$	$N_{пj}^{у}$
+20	+20	1	1	1	35 000	23 800
+137	+146	0,819	0,796	0,974	15 000	9200
+96	+146	0,936	0,796	0,850	45 000	16 000
-60	-60	1,070	1,070	1,000	5000	3400
Σ					100 000	52 400

4.2.4. Проверка выполнения условий определяется по формуле

$$N_п^{у} \leq N_0 K_f \left(K_t^{у} \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{а.экв}^{у}} \right)^m;$$

$52400 < 2{,}6 \cdot 10^7$ – выполняется;

$$n_п = \frac{\sigma_в}{n_б \sigma_{max}^{у}} = \frac{39}{2 \cdot 18} = 1{,}08 > 1$$ – выполняется.

4.3. Расчет эквивалентного числа циклов нагружения корпуса

4.3.1. Исходные данные для расчета: материал корпуса – алюминиевый сплав АК6, $\sigma_в = 39$ кгс/мм^2; $\sigma_{-1} = 14{,}5$ кгс/мм^2; $N_0 = 2 \cdot 10^7$ циклов; при расчете на прочность в сечении II–II получена зависимость для расчета напряжений от действия давления p:

$$\sigma = 9{,}7p \cdot 10^{-2}$$

по справочным данным коэффициенты для расчета имеют следующие значения $K_б = 1{,}45$; $\varepsilon_б = 0{,}92$; $\beta = 0{,}9$; $\psi_б = 0{,}55$.

4.3.2. Эквивалентное число циклов нагружений $N_п^{у}$ определяется аналогично расчету числа циклов нагружения колпака по п. 4.2.

Результаты расчета нормальных напряжений в зависимости от циклов нагружения, давления рабочей жидкости приведены в табл. 6.

Таблица 6

Режимы	Время выдержки под давлением τ, мин	Давление рабочей жидкости p, кгс/см^2	Напряжение, кгс/мм^2						$K_{долг\,б}$
			σ_{max}	σ_{min}	$\sigma_а$	$\sigma_{ср}$	$(\sigma_а)_{пр}$	$\sigma_{а\,экв}$	
Нормальный	0,03	180	17,50	-	7,29	10,20	1,90	8,95	0,26
	0,03	30	-	2,91					
	0,05	150	14,60	-	6,81	7,78			
	0,05	10	-	0,97					
Ускоренный	-	200	19,40	-	9,21	10,18	2,40	9,80	0,23
		10	-	0,97					

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

Результаты расчета K_t и N_n^y в зависимости от температуры приведены в табл. 7.

Таблица 7

Температура, °С		$K_{t_j}^н$	$K_{t_j}^y$	$\frac{K_{t_j}^y}{K_{t_j}^н}$	Число циклов нагружения	
$t_{эл.\,расч}^н$	$t_{эл.\,расч}^y$				$N_{n_j}^н$	$N_{n_j}^y$
+20	+20	1,000	1,000	1,000	35 000	24 300
+137	+146	0,819	0,796	0,974	15 000	9380
+96	+146	0,936	0,796	0,850	45 000	16 200
-60	-60	1,070	1,070	1,000	5000	3500
Σ					100 000	53 380

4.3.3. Проверка выполнения условий (31 и 33) определяется по формуле

$$N_n^y \leq N_0 K_f \left(K_t^y \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{a_{экв}}^y}\right)^m;$$

$53380 \leq 2 \cdot 10^7 \cdot 1 \cdot (0{,}794 \frac{14{,}5}{9{,}8})^m = 1{,}93 \cdot 10^7$ – выполняется ;

$n_n = \frac{\sigma_в}{n_в \sigma_{max}^y} = \frac{39}{2 \cdot 19{,}4} = 1{,}005 > 1$ – выполняется.

4.4. Расчет эквивалентного числа циклов нагружения пружины.

4.4.1. Исходные данные для расчета: материал пружины – проволока углеродистая.

По справочным материалам находим $\sigma_в$ = 165 кгс/мм^2; τ_{-1} = 33 кгс/мм^2; $N_0 = 10^6$ циклов; $[\tau]$ = 56 кгс/мм^2;

– из расчета на прочность величина напряжения кручения в сечении витка пружины выражается: $\tau = 359 R \cdot 10^{-2}$;

– по справочным данным для пружин, работающих на растяжение–сжатие коэффициенты имеют следующие значения:

$K_\sigma = 1$; $\varepsilon_\sigma = 1$; $\beta = 1{,}2$; $\psi_\tau = 0{,}2$; $m = 11$;

– значение коэффициента K_t принимаем $K_t = 1$, а по формуле (21) находим

$$\left(K_\sigma\right)_D^y = \left(K_\sigma\right)_D^н = \frac{1}{1 \cdot 1{,}2} = 0{,}833.$$

4.4.2. Определение эквивалентного числа циклов нагружения N_n^y производится аналогично расчету числа циклов нагружения колпака.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

4.4.3. Результаты расчета касательных напряжений $\tau_{a\,экв}$, $N_п$ и $K_{долг.\tau}$ коэффициента долговечности в зависимости от давления рабочей жидкости и усилия пружины приведены в табл. 8.

Таблица 8

Режимы	Время выдержки под давлением τ, мин	Давление рабочей жидкости P, кгс/мм^2	Усилие пружины R, кгс	Напряжение, кгс/мм^2						Число циклов $N_п$	$K_{долг_\tau}$
				τ_{max}	τ_{min}	τ_a	$\tau_{ср}$	$(\tau_a)_{пр}$	$\tau_{a\,экв}$		
Нормальный	0,03	180	15,39	55,30	-	3,60	51,70	2,80	12,60	50000	0,78
	0,03	30	13,39	-	48,10						
	0,05	150	14,99	53,80	-	3,40	50,40			50000	
	0,05	10	13,139	-	47,00						
Ускоренный	-	200	15,66	56,00	-	4,50	51,60	3,50	13,30	53600	0,76
		10	13,139	-	47,00						

4.4.4. Проверка выполнения условий (32, 34) определяется по формуле

$$N_п^y \leq N_0 \left(K_t \frac{\tau_{-1}}{\tau_{a\,экв}} \right)^m;$$

$53600 < 10^6 \cdot 1 \left(\frac{33}{13,3} \right)^{11} = 2,5 \cdot 10^{10}$ - выполняется;

$n_п = \frac{\tau_{-1}}{\tau_{a\,экв}^y} = \frac{33}{13,3} = 2,5 > 1,3$ - выполняется;

для пружин $\tau_{max}^y \leq [\tau]$ $56 = 56$ - выполняется.

4.4.5. Расчеты показали, что эквивалентные числа циклов нагружения расчитываемых элементов при принятом режиме нагружений отличаются друг от друга незначительно. Поэтому окончательно принимаем наибольшее число нагружений из полученных $N_п^y = 53600$ циклов.

Принятое число циклов удовлетворяет условию п. 3.5.2 настоящего стандарта относительно износа подвижных поверхностей.

4.5. Определение времени отработки циклов нагружения при ускоренных испытаниях.

4.5.1. Время отработки циклов нагружения при ускоренных испытаниях определяется по формуле

$$\tau_{мех_j}^y = \frac{N_{пj}^y \cdot \tau_{ср}}{3600},$$

где $\tau_{ср} = 6$ с - время одного цикла нагружения.

№ изм. № изв. 3269 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

Расчет времени отработки циклов нагружения при ускоренных испытаниях приведен в табл. 9.

Таблица 9

Температура, °С		Количество циклов		Время τ_N^y, ч
$t_{эл.расч}^н$	$t_{эл.расч}^y$	$N_п^н$	$N_п^y$	
+20	+20	35 000	18 760	31,3
+137	+146	15 000	8040	53,6
+96		45 000	24 120	
-60	-60	5000	2680	1,5
Σ		100 000	53 600	89,4

4.5.2. В соответствии с рекомендациями п. 4.3 настоящего стандарта отработка циклов нагружения проводится при температуре +140°С.

5. УСТАНОВЛЕНИЕ РЕЖИМОВ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

5.1. Определяем время выдержки в термостате в соответствии с режимами, установленными в пп. 3 и 4. Время выдержки в термостате при $t_{ж}^y$ = 146°С составит $\Delta\tau_{146}^y = \tau_{ру}^y - \tau_{мех}^y$ = 514,4 - 53,6 = 460,8 ч.

Время эквивалентного старения резиновых уплотнений $\tau_т^y$ в термостате при температуре +140°С будет равно

$$\tau_т^y = \tau_{146}^y \cdot \varkappa_{140-146} = 460{,}8 \cdot 1{,}59^{0{,}6} = 608{,}2 \text{ ч.}$$

5.2. Общее время ускоренных испытаний при повышенных температурах находится по формуле

$$\tau_{общ}^y = \tau_{мех}^y + \tau_т^y = 53{,}6 + 608{,}2 = 661{,}8 \text{ ч.}$$

5.3. Коэффициент ускорения испытаний при повышенных температурах равен

$$K_y = \frac{\tau^н}{\tau_{общ}^y} = \frac{3000}{661{,}8} = 4{,}53.$$

5.4. Режимы ускоренных испытаний регулятора расхода приведены в табл. 10.

№ изм. № изв. Инв. № дубликата Инв. № подлинника 3269

Таблица 10

Температура окружающей среды и рабочей жидкости $t^{y}_{ж} = t^{y}_{o.c}$, °С	Число циклов нагружений $N^{y}_{п}$	Время отработки циклов $\tau^{y}_{п}$, ч	Время выдержки в термостате $\tau^{y}_{т}$, ч
+20	18760	31,3	-
+140	32160	53,6	608,2
-60	2680	4,5	-

№ изм. № изв.
3269
Инв. № дублика Инв. № подлин.
gost.e-ecolog.ru