ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59732— 2021/ ISO/TR 22400-10:2018

Системы промышленной автоматизации и интеграция

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ (KPIs) ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ

Часть 10

Описание последовательности операций по сбору данных

(ISO/TR 22400-10:2018, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН ООО «НИИ экономики связи и информатики «Интерэкомс» (ООО «НИИ «Интерэкомс») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии документа, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 100 «Стратегический и инновационный менеджмент»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 октября 2021 г. № 1097-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному документу ISO/TR 22400-10:2018 «Системы промышленной автоматизации и интеграция. Ключевые технико-экономические показатели (KPIs) для управления производственными операциями. Часть 10. Описание последовательности операций по сбору данных» (ISO/TR 22400-10:2018 «Automation systems and integration — Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management — Part 10: Operational sequence description of data acquisition», IDT).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 Некоторые положения международного стандарта, указанного в пункте 4, могут являться объектом патентных прав. Международная организация по стандартизации (ИСО) и Международная электротехническая комиссия (МЭК) не несут ответственности за идентификацию подобных патентных прав

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 (www.rst.gov.ru)

© ISO, 2018
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2021

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 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Примеры расчета KPI-показателей 2
4.1 Исходная информация о приведенных примерах 2
4.2 KPI-показатели для рабочей единицы 2
4.3 KPI-показатели производственных заданий и последовательности выполнения производственных заданий 6
4.4 KPI-показатели работника 13
Приложение А (справочное) Пример записи данных по рабочей единице для расчета KPI-показателей 15
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам 26

Введение

В настоящем стандарте с помощью примеров описаны процедуры определения ключевых технико-экономических показателей (KPI-показателей). Использованные KPI-показатели определены в ИСО 22400-2.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Системы промышленной автоматизации и интеграция

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ (KPIs) ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ

Часть 10

Описание последовательности операций по сбору данных

Automation systems and integration. Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management. Part 10: Operational sequence description of data acquisition

Дата введения — 2022—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт содержит положения для практического применения ключевых технико-экономических показателей (KPI-показателей), используемых для целей управления производством и мониторинга, представленных с помощью формул и установленных в ИСО 22400-2. Настоящий стандарт предназначен для совместного применения с ИСО 22400-2.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующий стандарт [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 22400–2, Automation systems and integration — Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management — Part 2: Definitions and descriptions (Системы промышленной автоматизации и интеграция. Ключевые технико-экономические показатели (KPIs) для управления производственными операциями. Часть 2. Определения и описания)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК поддерживают терминологические базы данных для их использования в стандартизации, которые можно найти по следующим адресам:

- онлайн Платформа просмотра стандартов ИСО, доступная по адресу gost.e-ecolog.ru ;
- Электропедия МЭК, доступная по адресу http: //gost.e-ecolog.ru .

3.1 **плановое время прекращения работы** (planned shut down time; PSDT): Запланированное время, в течение которого рабочая единица не функционирует.

Примечание — По определению, данному в ИСО 22400-2, это соответствует понятию «продукция не производится (no production)».

3.2 **плановое время простоя** (planned down time; PDOT): Время, включенное в плановое время работы, в течение которого не предполагается выполнение операций рабочей единицей в рамках времени выполнения операции.

Примечание — В ИСО 22400-2:2014 на рисунке 3 приводится подробный анализ использованных временных отрезков для рабочих единиц, применяемых в комплексе стандартов ИСО 22400.

3.3 **журнал записей рабочей единицы** (work unit log): Запись данных о событиях рабочей единицы наряду с временными отметками каждого события.

Издание официальное

4 Примеры расчета KPI-показателей

4.1 Исходная информация о приведенных примерах

KPI-показатели рассчитывают для различных областей применения, включая рабочую единицу и производственные задания. KPI-показатели определяют по журналу записей рабочей единицы.

Пример, приведенный в таблицах 1 и 2, включает две рабочие единицы (W1 и W2) за отрезок времени, равный одному календарному дню. В течение одного календарного дня на рассматриваемой производственной площадке выполняется два производственных задания (PO1 и PO2). Для каждой рабочей единицы формируется журнал записей. На основе данных, внесенных в этот журнал, рассчитываются KPI-показатели. Областью применения KPI-показателей могут стать рабочая единица, производственное задание, работник и т. п.

Каждое производственное задание (PO) состоит из двух последовательностей выполнения производственных заданий (POS):

- PO1: за POS 1/1 следует POS 1/2;
- PO2: за POS 2/1 следует POS 2/2.

В примере POS x/1 всегда выполняется на рабочей единице W1.

В примере POS x/2 всегда выполняется на рабочей единице W2.

Расчет KPI-показателей происходит в два этапа:

a) Определяют элементы KPI-показателей.

Элементы KPI-показателей можно определить на основе журналов записей рабочих единиц.

b) Обеспечивают вычисление KPI-показателей.

KPI-показатели можно рассчитать на основе элементов KPI-показателей.

Подробности определены в «замечаниях к журналу записей рабочей единицы». В примерах используется сокращение «(шт.)» как единица произведенной продукции, однако можно использовать единицу произведенной продукции любого типа.

4.2 KPI-показатели для рабочей единицы

В соответствии с областью применения рабочей единицы можно определить KPI-показатели на основе журналов записей рабочих единиц:

- эффективность использования;
- коэффициент подготовки;
- техническая эффективность;
- эффективность размещения;
- доступность;
- результативность;
- показатель качества;
- коэффициент общей эффективности использования оборудования (OEE);
- индекс чистой эффективности работы оборудования (NEE);
- относительный объем брака;
- относительный объем продукции, подлежащей доработке;
- отношение фактического объема брака к плановому объему брака;
- среднее время безотказной работы (MTBF);
- средняя наработка до отказа (MTTF);
- среднее время до ремонта (MTTR);
- результативность прямого энергопотребления;
- результативность прямого чистого энергопотребления;
- прямая энергоэффективность;
- прямая чистая энергоэффективность.

Таблица 1 — Журнал записей рабочей единицы 1

Определение основных элементов			
Фактическое время производства (APT)	=	[06:30—07:00] + [07:30—08:00] + [08:30—09:00] + [09:30—10:30] + [15:00—17:30] + [18:00—19:00] + [20:00—20:30]	= 390 мин

Продолжение таблицы 1

Фактическое время подготовки к заданию (AUST)	=	[06:00—06:30] + [10:30—11:00] + [14:30—15:00] + [20:30—21:00]	=	120 мин
Фактическое время задержки процесса (ADET)	=	[08:00—08:30] + [19:00—19:30] + [07:00—07:30] + [09:00—09:30] + [19:30—20:00]	=	150 мин
Время наработки до ремонта (TTR)	=	[07:00—07:30] + [09:00—09:30] + [19:30—20:00]	=	90 мин
PSDT	=	[00:00—06:00] + [22:00—24:00]	=	480 мин
PDOT	=	[12:00—12:30] + [17:30—18:00]	=	60 мин
Плановое время занятости персонала (PBT)	=	1 440 мин — PSDT — PDOT 1 440 мин — 480 мин — 60 мин	=	900 мин
Фактическое время изготовления продукции (AUPT)	=	APT + AUST 390 мин + 120 мин	=	510 мин
Фактическое время занятости персонала (AUBT)	=	APT + AUST + ADET = 390 мин + 120 мин + 150 мин	=	660 мин
Объем доброкачественной продукции (GQ)	=	$GQ_{POS\ 1/1} + GQ_{POS\ 2/1}$ 450 шт + 6 шт	=	456 шт
Объем брака (SQ)	=	$SQ_{POS\ 1/1} + SQ_{POS\ 2/1}$ 40 шт + 2 шт	=	42 шт
Объем продукции, подлежащей доработке (RQ)	=	$RQ_{POS\ 1/1} + RQ_{POS\ 2/1}$ 10 шт + 0 шт	=	10 шт
Объем произведенной продукции (PQ)	=	$PQ_{POS\ 1/1} + PQ_{POS\ 2/1}$ 500 шт + 8 шт	=	508 шт
Плановый объем брака (PSQ)	=	Плановый объем брака % × $PQ_{POS\ 1/1}$ + + Плановый объем брака % × $PQ_{POS\ 2/1}$ 5 % x 500 шт + 25 % × 8 шт	=	27 шт
Плановое прямое энергопотребление, приходящееся на единицу произведенной продукции ($PDEI_{POS\ 1/1}$)	=	0,42 кВтч	=	0,42 кВтч
Плановое прямое энергопотребление, приходящееся на единицу произведенной продукции ($PDEI_{POS\ 2/1}$)	=	1,05 кВтч	=	1,05 кВтч
Фактическое прямое энергопотребление (ADEC)	=	$ADEC_{POS\ 1/1} + ADEC_{POS\ 2/1}$ 115 $м^3$ × 0,102 8 кВтч/$м^3$ + 10,5 $м^3$ × 10 кВтч/$м^3$ + + 120 кВтч + 4,5 $м^3$ × 0,102 8 кВтч/$м^3$ + 0,45 $м^3$ × × 10 кВтч/$м^3$ + 4,5 кВтч	=	246,28 кВтч
Расчет KPI-показателей				
Эффективность использования	=	APT/AUBT 390 мин/660 мин	=	59,09 %
Коэффициент подготовки	=	AUST/AUPT 120 мин/510 мин	=	23,53 %
Техническая эффективность	=	APT/(APT + ADET) 390/(390 + 150)	=	72,22 %
Эффективность размещения	=	AUBT/PBT 660 мин/900 мин	=	73,33 %
Эксплуатационная готовность	=	APT/PBT 390 мин/900 мин	=	43,33 %

Окончание таблицы 1

Результативность	=	Результативность $_{POS\ 1/1}$ + Результативность$_{POS\ 2/1}$ (PRI$_{POS\ 1/1}$ × PQ$_{POS\ 1/1}$ + PRI$_{POS\ 2/1}$ PQ$_{POS\ 2/1}$) APT (0,3 мин/шт × 500 шт + 30 мин/шт × 8 шт)/390 мин	= 100,00 %
Показатель качества	=	(GQ $_{POS\ 1/1}$ + GQ$_{POS\ 2/1}$)/(PQ $_{POS\ 1/1}$ + PQ $_{POS\ 2/1}$) (450 шт + 6 шт)/(500 шт + 8 шт)	= 89,76 %
Коэффициент общей эффективности использования оборудования (OEE)	=	Эксплуатационная готовность × Результативность × × Показатель качества 43,33 % × 100 % × 89,76 %	= 38,89 %
Индекс чистой эффективности работы оборудования (NEE)	=	AUPT/PBT × Результативность × Показатель качества 510 мин/900 мин × 100 % × 89,76 %	= 50,86 %
Относительный объем брака	=	SQ/PQ 42 шт/508 шт	= 8,27 %
Относительный объем продукции, подлежащей доработке	=	RQ/PQ 10 шт/508 шт	= 1,97 %
Отношение фактического к планируемому объему брака	=	SQ/PSQ 42 шт/27 шт	= 155,56 %
MTBF	=	(AUST + APT + TTR)/(Число случаев отказа(FE) +1) (120 мин + 390 мин + 90 мин)/(3 +1)	= 150 мин
MTTF	=	(AUST + APT)/(Число случаев отказа (FE) +1) (120 мин + 390 мин)/(3 +1)	= 127,5 мин
MTTR	=	TTR/(Число случаев отказа (FE) +1) 90 мин/(3 +1)	= 22,5 мин
Результативность прямого энергопотребления	=	(PDEI$_{POS\ 1/1}$ × PQ$_{POS\ 1/1}$ + PDEI$_{POS\ 2/1}$ × PQ$_{POS\ 2/1}$)/ADEC (0,42 кВтч/шт × 500 шт + 1,05 кВтч/шт × 8 шт)/246,28 кВтч	= 88,68 %
Результативность прямого чистого энергопотребления	=	PDEI$_{POS\ 1/1}$ × GQ$_{POS\ 1/1}$ + PDEI$_{POS\ 2/1}$ × GQ$_{POS\ 2/1}$)/ADEC (0,42 кВтч/шт × 450 шт + 1,05 кВтч/шт × 6 шт)/246,28 кВтч	= 79,30 %
Прямая энергоэффективность	=	ADEC/PQ 246,28 кВтч/508 шт	= 0,485 кВтч/шт
Прямая чистая энергоэффективность	=	ADEC/GQ 246,28 кВтч/456 шт	= 0,540 кВтч/шт

Таблица 2 — Журнал записей рабочей единицы 2

Определение основных элементов			
APT	=	[12:00—12:30] + [13:00—14:00] + [14:30—15:00] [16:00—16:30] + [18:00—19:30] + [20:00—21:30]	= 330 мин
AUST	=	[11:30—12:00] + [16:30—17:00] + [17:30—18:00] + [21:30—22:00]	= 120 мин
ADET	=	[12:30—13:00] + [15:30—16:00] + [15:00—15:30]	= 90 мин
TTR	=	[15:00—15:30]	= 30 мин
PSDT	=	[00:00—06:00] + [22:00—24:00]	= 480 мин
PDOT	=	[14:00—14:30] + [19:30—20:00]	= 60 мин
PBT	=	1 440 мин — PDBT — PDOT 1 440 мин — 480 мин — 60 мин	= 900 мин
AUPT	=	APT + AUST 330 мин + 120 мин	= 450 мин
Фактическое время занятости персонала (AUBT)	=	APT + AUST + ADET 330 мин + 120 мин + 90 мин	= 540 мин
GQ	=	GQ $_{POS\ 1/2}$ + GQ$_{POS\ 2/2}$ 410 шт + 4 шт	= 414 шт

Продолжение таблицы 2

SQ	=	$SQ_{POS\ 1/2} + SQ_{POS\ 2/2}$ 30 шт + 2 шт	=	32 шт
RQ	=	$RQ_{POS\ 1/2} + RQ_{POS\ 2/2}$ 10 шт + 0 шт	=	10 шт
PQ	=	$PQ_{POS\ 1/2} + PQ_{POS\ 2/2}$ 450 шт + 6 шт	=	456 шт
PSQ	=	Плановый объем брака в % × $PQ_{POS\ 1/2}$ + + Плановый объем брака в % × $PQ_{POS\ 2/2}$ 5 % × 450 + 25 % × 6 шт	=	24 шт
$PDEI_{POS\ 1/2}$	=	0,94 кВтч	=	0,94 кВтч
$PDEI_{POS\ 2/2}$	=	2,10 кВтч	=	2,10 кВтч
ADEC	=	$ADEC_{POS\ 1/2} + ADEC_{POS\ 2/2}$ 210 $м^3$ × 0,102 8 кВтч/$м^3$ + 18,7 $м^3$ × 10 кВтч/$м^3$ + 222 кВтч + + 6,6 $м^3$ × 0,102 8 кВтч/$м^3$ + 0,66 $м^3$ × 10 кВтч/$м^3$ + 6,6 кВтч	=	444,47 кВтч
Расчет KPI-показателей				
Эффективность использования	=	APT/AUBT 330 мин/540 мин	=	61,11 %
Коэффициент подготовки	=	AUST/AUPT 120 мин/450 мин	=	26,67 %
Техническая эффективность	=	APT/(APT + ADET) 330 мин/(330 мин + 90 мин)	=	78,57 %
Эффективность размещения	=	AUBT/PBT 540 мин/900 мин	=	60,00 %
Эксплуатационная готовность	=	APT/PBT 330 мин/900 мин	=	36,67 %
Результативность	=	Результативность $_{POS\ 1/2}$ + Результативность $_{POS\ 2/2}$ $PRI_{POS\ 1/2}$ × $PQ_{POS\ 1/2}$ + $PRI_{POS\ 2/2}$ × $PQ_{POS\ 2/2}$)/APT (0,3 мин/шт × 450 шт + 30 мин/шт × 6 шт)/330 мин	=	95,45 %
Показатель качества	=	$(GQP_{POS\ 1/2} + GQ_{POS\ 2/2})/(PQ_{POS\ 1/2} + PQ_{POS\ 2/2})$ (410 шт + 4 шт)/(450 шт + 6 шт)	=	90,79 %
OEE	=	Эксплуатационная готовность × Результативность × × Показатель качества 36,67 % × 95,46 % × 90,79 %	=	31,78 %
NEE	=	AUPT/PBT × Результативность × Показатель качества 450 мин/900 мин × 95,46 % × 90,79 %	=	43,33 %
Относительный объем брака	=	SQ/PQ 32 шт/456 шт	=	7,02 %
Относительный объем продукции, подлежащей доработке	=	RQ/PQ 10 шт/456 шт	=	2,19 %
Отношение фактического к планируемому объему брака	=	SQ/PSQ 32 шт/24 шт	=	133,33 %
MTBF	=	(AUST + APT + TTR)/(Число случаев отказа (FE) +1) (120 мин + 330 мин + 30 мин)/(1 +1)	=	240 мин
MTTF	=	(AUST + APT)/(Число случаев отказа (FE) +1) (120 мин + 330 мин)/(1 +1)	=	225 мин
MTTR	=	TTR/(Число случаев отказа (FE) +1) 30 мин/(1 +1)	=	15 мин
Результативность прямого энергопотребления	=	$(PDEI_{POS\ 1/2} \times PQ_{POS\ 1/2} + PDEI_{POS\ 2/2} \times PQ_{POS\ 2/2})$/ADEC (0,94 кВтч/шт × 450 шт + 2,10 кВтч/шт × 6 шт)/444,47 кВтч	=	98,00 %

Окончание таблицы 2

Результативность прямого чистого энергопотребления	=	$(PDEI_{POS\ 1/2} \times GQ_{POS\ ½}\ \% + PDEI_{POS\ 2/2} \times GQ_{POS\ 2/2})/ADEC$			
	=	(0,94 кВтч/шт × 410 шт + 2,10 кВтч/шт × 4 шт)/444,47 кВтч	=	88,60 %
Прямая энергоэффективность	=	ADEC/PQ			
	=	444,47 кВтч/456 шт	=	0,975 кВтч/шт	
Прямая чистая энергоэффективность	=	ADEC/GQ			
	=	444,47 кВтч/414 шт	=	1,074 кВтч/шт	

4.3 KPI-показатели для производственных заданий и последовательности выполнения производственных заданий

В соответствии с областью применения производственного задания можно определить следующие KPI-показатели на основе журнала записей рабочих единиц:

- эффективность использования;
- коэффициент подготовки;
- техническая эффективность;
- эффективность размещения (в отношении производственного задания);
- длительность производственного цикла (в отношении производственного задания);
- результативность;
- показатель технологического процесса (в отношении производственного задания);
- показатель качества;
- относительный объем брака (в отношении производственного задания);
- относительный объем продукции, подлежащей доработке (в отношении производственного задания);
- отношение фактического объема брака к плановому объему брака (в отношении производственного задания);
- коэффициент отбраковки (в отношении производственного задания);
- выход продукции, годной с первого предъявления (в отношении производственного задания);
- результативность прямого энергопотребления;
- результативность прямого чистого энергопотребления;
- прямая энергоэффективность;
- прямая чистая энергоэффективность.

В соответствии с «областью применения рабочей единицы» требуемые основные элементы для производственного задания или последовательности выполнения производственного задания (плановое время, фактическое время и масштабы логистики) определяют с использованием следующих таблиц. На основе этих определений рассчитывают KPI-показатели с учетом уведомлений о событиях и сообщений из журнала записей рабочей единицы.

Выход продукции, годной с первого предъявления (FPY), описывается отношением объема доброкачественной продукции [GQ первой оценки] (доля доброкачественной продукции [GP]) к произведенному количеству [PQ] в рамках рассматриваемого периода и касается первого опробования для каждого образца. По завершении доработки продукции показатель FPY не меняется в отличие от коэффициента качества, который растет с каждой успешной «верификацией».

Чтобы привязать KPI-показатель к каждой единице произведенной продукции, требуется зависящий от технологического процесса поток продукции («выпускаемой серийно/единично»), в котором для оценки используется только первое опробование. Повторное опробование продукта больше не является частью расчета FPY, но улучшает показатель качества. Для расчета FPY не делается различия между «бракованными деталями» после доработки и отбракованными сразу, на первом опробовании. Если идентификация единичной продукции невозможна, тогда произведенная доброкачественная продукция по заданию [GQ последней операции] будет приравнена к объему доброкачественной продукции [GQ первого опробования] как доля доброкачественной продукции [GP].

Примеры расчетов в таблицах 3—6 основаны на журнале записей рабочей единицы W1 и W2. Показатели качества рабочей единицы W1 и W2 определены для оценочного периода — один календарный день.

Таблица 3 — POS1/1 на рабочей единице 1 за время [06:00—11:00]

Определение основных элементов				
APT	=	[06:30—07:00] + [07:30—08:00] + [08:30—09:00] + [09:30—10:30]	=	150 мин

Окончание таблицы 3

AUST	=	[06:00—06:30] + [10:30—11:00]	=	60 мин
ADET	=	[08:00—08:30] + [07:00—07:30] + [09:00—09:30]	=	90 мин
TTR	=	[07:00—07:30] + [09:00—09:30]	=	60 мин
PDOT	=		=	0 мин
AUPT	=	APT + AUST		
	=	150 мин + 60 мин	=	210 мин
AUBT	=	APT + AUST + ADET		
	=	150 мин + 60 мин + 90 мин	=	300 мин
PQ	=	$PQ_{POS\ 1/1}$		
	=	500 шт	=	500 шт
GQ	=	$GQ_{POS\ 1/1}$		
	=	450 шт	=	450 шт
RQ	=	$RQ_{POS\ 1/1}$		
	=	10 шт	=	10 шт
SQ	=	$SQ_{POS\ 1/1}$		
	=	40 шт	=	40 шт
PDEI	=	0,42 кВтч	=	0,42 кВтч
ADEC	=	115 $м^3$ × 0,102 8 кВтч/$м^3$ + 10,5 $м^3$ × 10 кВтч/$м^3$ + 120 кВтч	=	236,82 кВтч
Расчет KPI-показателей				
Эффективность использования	=	APT/AUBT		
	=	150 мин/300 мин	=	50,00 %
Коэффициент подготовки	=	AUST/AUPT		
	=	60 мин/210 мин	=	28,57 %
Техническая эффективность	=	APT/(APT + ADET)		
	=	150 мин/(150 мин + 90 мин)	=	62,50 %
Результативность	=	PRI × PQ/APT		
		0,3 шт/мин × 500 шт/150 мин	=	100,00 %
Показатель качества	=	GQ/PQ		
		450 шт/500 шт	=	90,00 %
Результативность прямого энергопотребления	=	PDEI × PQ/ADEC		
	=	0,42 кВтч/шт × 500 шт/236,82 кВтч	=	88,67 %
Результативность прямого чистого энергопотребления	=	PDEI × GQ/ADEC		
	=	0,42 кВтч/шт × 450 шт/236,82 кВтч	=	79,81 %
Прямая энергоэффективность	=	ADEC/PQ		
	=	236,82 кВтч/500 шт	=	0,474 кВтч/шт
Прямая чистая энергоэффективность	=	ADEC/GQ		
	=	236,82 кВтч/450 шт	=	0,526 кВтч/шт

Таблица 4 — POS 2/1 на рабочей единице 1 за время [14:30—21:00]

Определение основных элементов				
APT	=	[15:00—17:30] + [18:00—19:00] + [20:00—20:30]	=	240 мин
AUST	=	[14:30—15:00] + [20:30—21:00]	=	60 мин
ADET	=	[19:00—19:30] + [19:30—20:00]	=	60 мин
TTR	=	[19:30—20:00]	=	30 мин
PDOT	=	[17:30—18:00]	=	30 мин
AUPT	=	APT + AUST		
	=	240 мин + 60 мин	=	300 мин
AUBT	=	APT + AUST + ADET		
	=	240 мин + 60 мин + 60 мин	=	360 мин

Окончание таблицы 4

PQ	=	$PQ_{POS\ 2/1}$ 8 шт	=	8 шт
GQ	=	$GQ_{POS\ 2/1}$ 6 шт	=	6 шт
RQ	=	$RQ_{POS\ 2/1}$ 0 шт	=	0 шт
SQ	=	$SQ_{POS\ 2/1}$ 2 шт	=	2 шт
PDEI	=	1,05 кВтч	=	1,05 кВтч
ADEC	=	4,5 $м^3$ × 0,102 8 кВтч/$м^3$ + 0,45 $м^3$ × 10 кВтч/$м^3$ + 4,5 кВтч	=	9,46 кВтч
Расчеты KPI-показателей				
Эффективность использования	=	APT/AUBT 240 мин/360 мин	=	66,67 %
Коэффициент подготовки	=	AUST/AUPT 60 мин/300 мин	=	20,00 %
Техническая эффективность	=	APT/(APT + ADET) 240 мин/(240 мин + 60 мин)	=	80,00 %
Результативность	=	PRI×PQ/APT 30 шт/мин × 8 шт/240 мин	=	100,00 %
Показатель качества	=	GQ/PQ 6 шт/8 шт	=	75,00 %
Результативность прямого энергопотребления	=	PDEI × PQ/ADEC 1,05 кВтч/шт × 8 шт/9,46 кВтч	=	88,79 %
Результативность прямого чистого энергопотребления	=	PDEI × GQ/ADEC 1,05 кВтч/шт × 6 шт/9,46 кВтч	=	66,60 %
Прямая энергоэффективность	=	ADEC/PQ 9,46 кВтч/8 шт	=	1,183 кВтч/шт
Прямая чистая энергоэффективность	=	ADEC/GQ 9,46 кВтч/6 шт	=	1,577 кВтч/шт

Таблица 5 — POS 1/2 на рабочей единице 2 за время [06:00—17:00]

Определение основных элементов				
APT	=	[12:00—12:30] + [13:00—14:00] + [14:30—15:00] + [16:00—16:30]	=	150 мин
AUST	=	[11:30—12:00] + [16:30—17:00]	=	60 мин
ADET	=	[12:30—13:00] + [15:30—16:00] + [15:00—15:30]	=	90 мин
TTR	=	[15:00—15:30]	=	30 мин
PDOT	=	[14:00—14:30]	=	30 мин
AUPT	=	APT + AUST 150 мин + 60 мин	=	210 мин
AUBT	=	APT + AUST + ADET 150 мин + 60 мин + 90 мин	=	300 мин
PQ	=	$PQ_{POS\ 1/2}$ 450 шт	=	450 шт
GQ	=	$GQ_{POS\ 1/2}$ 410 шт	=	410 шт
RQ	=	$RQ_{POS\ 1/2}$ 10 шт	=	10 шт
SQ	=	$SQ_{POS\ 1/2}$ 30 шт	=	30 шт

Окончание таблицы 5

PDEI	=	0,94 кВтч	=	0,94 кВтч
ADEC	=	210 м^3 × 0,102 8 кВтч/м^3 + 18,7 м^3 × 10 кВтч/м^3 + 222 кВтч	=	430,59 кВтч
Расчет KPI-показателей				
Эффективность использования	=	APT/AUBT 150 мин/300 мин	=	50,00 %
Коэффициент подготовки	=	AUST/AUPT 60 мин/210 мин	=	28,57 %
Техническая эффективность	=	APT/(APT + ADET) 150 мин/(150 мин + 90 мин)	=	62,50 %
Результативность	=	PRI × PQ/APT 0,3 шт/мин × 450 шт/150 мин	=	90,00 %
Показатель качества	=	GQ/PQ 410 шт/450 шт	=	91,11 %
Результативность прямого энергопотребления	=	PDEI × PQ/ADEC 0,94 кВтч/шт × 450 шт/430,59 кВтч	=	98,24 %
Результативность прямого чистого энергопотребления	=	PDEI × GQ/ADEC 0,94 кВтч/шт × 410 шт/430,59 кВтч	=	89,50 %
Прямая энергоэффективность	=	ADEC/PQ 430,59 кВтч/450 шт	=	0,957 кВтч/шт
Прямая чистая энергоэффективность	=	ADEC/GQ 430,59 кВтч/410 шт	=	1,050 кВтч/шт

Таблица 6 — POS2/2 на рабочей единице 2 за время [17:30—22:00]

Определение основных элементов				
APT	=	[18:00—19:30] + [20:00—21:30]	=	180 мин
AUST	=	[17:30—18:00] + [21:30—22:00]	=	60 мин
ADET	=		=	0 мин
TTR	=		=	0 мин
PDOT	=	[19:30—20:00]	=	30 мин
AUPT	=	APT + AUST 180 мин + 60 мин	=	240 мин
AUBT	=	APT + AUST + ADET 180 мин + 60 мин + 0 мин	=	240 мин
PQ	=	$PQ_{POS\ 2/2}$ 6 шт	=	6 шт
GQ	=	$GQ_{POS\ 2/2}$ 4 шт	=	4 шт
RQ	=	$RQ_{POS\ 2/2}$ 0 шт	=	0 шт
SQ	=	$SQ_{POS\ 2/2}$ 2 шт	=	2 шт
PDEI	=	2,10 кВтч	=	2,10 кВтч
ADEC	=	6,6 м^3 × 0,102 8 кВтч/м^3 + 0,66 м^3 × 10 кВтч/м^3 + 6,6 кВтч	=	13,88 кВтч
Расчет KPI-показателей				
Эффективность использования	=	APT/AUBT 180 мин/240 мин	=	75,00 %
Коэффициент подготовки	=	AUST/AUPT 60 мин/240 мин	=	25,00 %

Окончание таблицы 6

Техническая эффективность	=	APT/(APT + ADET) 180 мин/(180 мин + 0 мин)	=	100,00 %
Результативность	=	PRI × PQ/APT 30 шт/мин × 6 шт/180 мин	=	100,00 %
Показатель качества	=	GQ/PQ 4 шт/6 шт	=	66,67 %
Результативность прямого энергопотребления	=	PDEI × PQ/ADEC 2,10 кВтч/шт × 6 шт/13,88 кВтч	=	90,78 %
Результативность прямого чистого энергопотребления	=	PDEI × GQ/ADEC 2,10 кВтч/шт × 4 шт/13,88 кВтч	=	60,52 %
Прямая энергоэффективность	=	ADEC/PQ 13,88 кВтч/6 шт	=	2,313 кВтч/шт
Прямая чистая энергоэффективность	=	ADEC/GQ 13,88 кВтч/4 шт	=	3,470 кВтч/шт

На основе данных отдельной последовательности этапов выполнения производственного задания или журнала записей рабочей единицы можно определить фактическое время, связанное с выполнением задания, и KPI-показатели (см. таблицы 7 и 8).

Таблица 7 — Фактическое время, связанное с выполнением задания, и KPI-показатели PO1 в привязке к POS1/1 и POS1/2

		Определение основных элементов		
AOET	=	Время окончания POSPO1/2 — Время начала POSPO1/1 [17:00]—[06:00]	=	660 мин
GQ	=	$GQ_{POS\ ½}$ 410 шт	=	410 шт
SQ	=	$SQ_{POS\ 1/1}$ + $SQ_{POS\ 1/2}$ 40 шт + 30 шт	=	70 шт
RQ	=	$RQ_{POS\ 1/1}$+ $RQ_{POS\ 1/2}$ 10 шт + 10 шт	=	20 шт
PQ	=	$PQ_{POS\ 1/1}$ 500 шт	=	500 шт
PSQ	=	Плановый объем брака в % × $PQ_{POS\ 1/1}$ + Плановый объем брака в % × $PQ_{POS\ ½}$ 5 % × 500 шт + 5 % × 450 шт	=	48 шт
GP		Соответствует GQ, поскольку для идентификации первого предъявления серийные номера не присваивались 410 шт	=	410 шт
Доля проверенной продукции (IP)		Соответствует PQ, поскольку для идентификации первого предъявления серийные номера не присваивались 500 шт	=	500 шт
ADEC	=	$ADEC_{POS\ 1/1}$ + $ADEC_{POS\ 1/2}$ 115 $м^3$ × 0,102 8 кВтч/ $м^3$ + 10,5 $м^3$ × 10 кВтч/ $м^3$ + + 120 кВтч + 210 $м^3$ × 0,102 8 кВтч/$м^3$ + 18,7 $м^3$ × × 10 кВтч/$м^3$ + 222 кВтч	=	667,41 кВтч
$PDEI_{POS\ 1/1}$	=	0,42 кВтч	=	0,42 кВтч
$PDEI_{POS\ 1/2}$	=	0,94 кВтч	=	0,94 кВтч

Окончание таблицы 7

Расчет KPI-показателей				
Коэффициент размещения	=	$(AUBT_{POSPO_{1/1}} + AUBT_{POSPO_{1/2}})/AOET$		
	=	600 мин/660 мин	=	90,91 %
Производительность за единицу времени	=	PQ/AOET		
	=	450 шт/660 мин	=	0,71 шт/мин
Коэффициент производственного процесса	=	$(APT_{POSPO_{1/1}} + APT_{POSPO_{1/2}})/AOET$		
	=	(150 мин + 150 мин)/660 мин	=	47,62 %
Показатель качества	=	GQ/PQ		
	=	410 шт/500 шт	=	82,00 %
Относительный объем брака	=	SQ/PQ		
	=	70 шт/500 шт	=	14,00 %
Относительный объем продукции, подлежащей доработке	=	RQ/PQ		
	=	20 шт/500 шт	=	4,00 %
Отношение фактического к плановому объему брака	=	SQ/PSQ		
	=	70 шт/48 шт	=	145,83 %
Коэффициент отбраковки (доля недоброкачественной продукции)	=	(PQ—GQ)/PQ		
	=	(500—410 шт)/500 шт	=	18,00 %
Доля продукции, годной с первого предъявления	=	GP/IP		
	=	410 шт/500 шт	=	82,00 %
Результативность прямого энергопотребления	=	$(PDEI_{POS\ 1/1} \times PQ_{POS\ 1/1} + PDEI_{POS\ 1/2} \times PQ_{POS\ 1/2})$/ ADEC		
	=	(0,42 кВтч/шт × 500 шт + 0,94 кВтч/шт × × 450 шт)/667,41 кВтч	=	94,84 %
Результативность прямого чистого энергопотребления	=	$PDEI_{POS1/1} \times GQ_{POS1/1} + PDEI_{POS\ 1/2} \times GQ_{POS1/2}$/ ADEC		
	=	(0,42 кВтч/шт × 450 шт + 0,94 кВтч/шт × × 410 шт)/667,41 кВтч	=	86,06 %
Прямая энергоэффективность	=	ADEC/PQ		
	=	667,41 кВтч/450 шт	=	1,483 кВтч/шт
Прямая чистая энергоэффективность	=	ADEC/GQ		
	=	667,41 кВтч/410 шт	=	1,628 кВтч/шт

Таблица 8 — Фактическое время, связанное с выполнением задания, и KPI-показатели PO2 в привязке к POS2/1 и POS2/2

Определение основных элементов				
AOET	=	Время окончания POS2/2 — Время начала POS2/1		
	=	[22:00]—[14:30]	=	450 мин
GQ		$GQ_{POS\ 2/2}$		
	=	4 шт	=	4 шт
SQ		$SQ_{POS\ 2/1} + SQ_{POS\ 2/2}$		
	=	2 шт + 2 шт	=	4 шт
RQ		$RQ_{POS\ 2/1} + RQ_{POS\ 2/2}$		
	=	0 шт	=	0 шт
PQ		$PQ_{POS\ 2/1}$		
	=	8 шт	=	8 шт
PSQ		Планируемый объем брака в % × $PQ_{POS\ 2/1}$ + + Планируемый объем брака в % × $PQ_{POS\ 2/2}$		
	=	25 % × 8 шт + 25 % × 6 шт	=	4 шт
IP		Число изделий (шт), проверяемых в обеих последовательностях производства (серийный номер от S01 до S08)		
	=	8 шт	=	8 шт

Окончание таблицы 8

GP		Число доброкачественных изделий (шт), в обеих последовательностях производства на первом этапе без доработки (серийный номер S01)		
	=	1 шт	=	1 шт
$IP_{POS\ 2/1}$		Число проверенных (испытанных) изделий (серийный номер от S01 до S08)		
	=	8 шт	=	8 шт
$GP_{POS\ 2/1}$		Число доброкачественных изделий на первом этапе (серийный номер S01, S05, S07, S08)		
	=	4 шт	=	4 шт
$IP_{POS\ 2/2}$		Число проверенных (испытанных) изделий (серийный номер S01, S02, S05, S06, S07, S08)		
	=	6 шт	=	6 шт
$GP_{POS\ 2/2}$		Число доброкачественных изделий при первой оценке (опробовании) (серийный номер S01, S06)		
	=	2 шт	=	2 шт
ADEC		$ADEC_{POS\ 2/1} + ADEC_{POS\ 2/2}$		
	=	4,5 $м^3$ × 0,102 8 кВтч/$м^3$ + 0,45 $м^3$ × 10 кВтч/$м^3$ + + 4,5 кВтч + 6,6 $м^3$ × 0,102 8 кВтчм^3 + 0,66 $м^3$ × × 10 кВтч/$м^3$ + 6,6 кВтч	=	23,34 кВтч
$PDEI_{POS\ 2/1}$	=	1,05 кВтч	=	1,05 кВтч
$PDEI_{POS\ 2/2}$	=	2,10 кВтч	=	2,10 кВтч
		Расчет KPI-показателей		
Коэффициент размещения	=	$(AUBT_{POS\ 2/1} + AUBT_{POS\ 2/2})$/AOET		
	=	600 мин/450 мин	=	133,33 %
Производительность за единицу времени	=	PQ/AOET		
	=	6 шт/450 мин	=	0,01 шт/мин
Коэффициент производственного процесса	=	(APTPOS 2/1 + APTPOS 2/2)/AOET		
	=	(240 мин + 180 мин)/450 мин	=	93,33 %
Показатель качества	=	GQ/PQ		
	=	4 шт/8 шт	=	50,00 %
Относительный объем брака	=	SQ/PQ		
	=	4 шт/8 шт	=	50,00 %
Относительный объем продукции, подлежащей доработке	=	RQ/PQ		
	=	0 шт/8 шт	=	0,00 %
Отношение фактического к плановому объему брака	=	SQ/PSQ		
	=	4 шт/4 шт	=	133,33 %
Коэффициент отбраковки (доля недоброкачественной продукции)	=	(PQ – GQ)/PQ		
	=	(8 – 4 шт)/8 шт	=	50,00 %
Доля продукции, годной с первого предъявления PO2	=	GP/IP		
	=	1 шт/8 шт	=	12,50 %
Доля продукции, годной с первого предъявления POS2/1	=	GP/IP		
	=	4 шт/8 шт	=	50,00 %
Доля продукции, годной с первого предъявления POS2/2	=	GP/IP		
	=	2 шт/6 шт	=	33,33 %
Результативность прямого энергопотребления	=	$(PDEI_{POS\ 2/1} \times PQ_{POS\ 2/1} + PDEI_{POS\ 2/2} \times PQ_{POS\ 2/2})$/ ADEC		
	=	(1,05 кВтч/шт × 8 шт + 2,10 кВтч/шт × 6 шт)/23,34 кВтч	=	89,97 %
Результативность прямого чистого энергопотребления	=	$(PDEI_{POS\ 2/1} \times PQ_{POS\ 2/1} + PDEI_{POS\ 2/2} \times PQ_{POS\ 2/2})$/ ADEC		
	=	(1,05 кВтч/шт × 6 шт + 2,10 кВтч/шт ×4 шт)/23,34 кВтч	=	62,98 %
Прямая энергоэффективность	=	ADEC/PQ		
	=	23,34 кВтч/8 шт	=	2,918 кВтч/шт
Прямая чистая энергоэффективность	=	ADEC/GQ		
	=	23,34 кВтч/4 шт	=	5,835 кВтч/ шт

4.4 KPI-показатели работника

Для работы производственного подразделения важным показателем является производительность работника. Этот показатель дает информацию о работе персонала, связанной с производственными заданиями, по отношению к общему времени присутствия персонала на рабочем месте.

В соответствии с журналом записей рабочей единицы имеется следующее состояние дел.

- Работник/Оператор OP1 работает на рабочей единице 1 с 06:00 до14:00 часов.
- Работник/Оператор OP2 работает на рабочей единице 1 с 14:00 до 22:00 часов.
- Работник/Оператор OP3 работает на рабочей единице 2 с 06:00 до14:00 часов.
- Работник/Оператор OP2 работает параллельно на рабочей единице 1 с 14:00 до 22:00 часов.

Время присутствия оператора OP2 на нескольких рабочих единицах распределяется пропорционально обеим рабочим единицам. Оператор нескольких рабочих единиц работает на двух рабочих единицах. Соответствующее время выполнения производственного задания или общее время присутствия в таких случаях делится пополам. См. таблицы 9—11.

Таблица 9 — Журнал записей оператора 1

Определение основных элементов				
Фактическое время нахождения персонала на рабочем месте (APAT)	=	Время окончания работы $_{OP1}$ – Время начала работы $_{OP1}$ – $PDOT_{OP1}$		
	=	[14:00] – [06:00] – [00:30]	=	450 мин
Фактическое время работы персонала (APWT)	=	$(AUBT_{pos\ 1/1})$ OP1		
	=	300 мин	=	300 мин
Расчет KPI-показателей				
Производительность работника	=	APWT/APAT		
	=	300 мин/450 мин	=	66,67 %

Производительность работника OP1:

APAT (OP1) =
[6:00—12:00] + [12:30—14:00] =
360 мин + 90 мин = 450 мин
APWT (W1) =
[06:00—06:30 AUST] +
[06:30—07:00 APT] +
[07:00—07:30 TTR] +
[07:30—08:00 APT] +
[08:00—08:30 ADET] +
[08:30—09:00 APT] +
[09:00—09:30 TTR] +
[09:30—10:30 APT] +
[10:30—11:00 AUST] =
30 мин + 30 мин + 30 мин + 30 мин + 30 мин + 30 мин + 30 мин + 60 мин + 30 мин = 300 мин.
Производительность работника OP1 = APWT/APAT = 300 мин/450 мин = 66,67 %.

Таблица 10 — Журнал записей оператора 2

Определение основных элементов				
Фактическое время нахождения персонала на рабочем месте (APAT)	=	Время окончания работы $_{OP2}$ – Время начала работы $_{OP2}$ – $PDOT_{OP2}$		
	=	[22:00] – [14:00] – [00:00]	=	480 мин
APWT	=	$(AUBT_{pos\ 1/2} + AUBT_{pos\ 2/2})$ OP2		
	=	450 мин	=	450 мин
Расчет KPI-показателей				
Производительность работника	=	APWT/APAT		
	=	450 мин/480 мин	=	93,75 %

Производительность работника OP2:

APAT(OP2) =
[14:00—14:30 W1] + [14:30—17:30 W1+W2] +
[17:30—18:00 W2] + [18.00—22:00 W1+W2] =
30 мин + 180 мин + 30 мин + 240 мин = 480 мин.
APWT(W1 + W2) =
[14:30—15:00 W1 AUST + W2 APT] +
[15:00—16:00 W1 APT] +
[16:00—16:30 W1 APT + W2 APT] +
[16:30—17:00 W1 APT + W2 AUST] +
[17:00—17:30 W1 APT] +
[17:30—18:00 W2 AUST] +
[18:00—19:00 W1 APT + W2 APT] +
[19:00—19:30 W1 ADET + W2 APT] +
[19:30—20:00 W1 TTR] +
[20:00—20:30 W1 APT + W2 APT] +
[20:30—21:00 W1 AUST + W2 APT] +
[21:00—21:30 W2 APT] +
[21:30—22:00 W2 AUST]
= 30 мин + 60 мин + 30 мин + 30 мин + 30 мин + 30 мин + 60 мин + 30 мин + 30мин + 30 мин + 30 мин + 30 мин + 30 мин = 450 мин.

Производительность работника OP1 = APWT/APAT = 450 мин/480 мин = 93,75 %.

Таблица 11 — Журнал записей оператора 3

		Определение основных параметров		
APAT	=	Время окончания работы $_{OP3}$ – Время начала работы $_{OP3}$ – $PDOT_{OP3}$		
	=	[14:00] – [06:00] – [00:00]	=	480 мин
APWT	=	$(AUBT_{Pos\ 1/2})_{OP3}$		
	=	150 мин	=	150 мин
		Расчет KPI-показателей		
Производительность работника	=	APWT/APAT		
	=	150 мин/480 мин	=	31,25 %

Производительность работника OP3:

APAT(OP3) =
[06:00—14:00] = 480 мин.
APWT(W2) =
[11:30—12:00 AUST] +
[12:00—12:30 APT] +
[12:30—13:00 ADET] +
[13:00—14:00 APT] =
30 мин + 30 мин + 30 мин + 60 мин = 150 мин.
Производительность работника OP3 = APWT/APAT = 150 мин/480 мин = 31,25 %.

Приложение А
(справочное)

Пример записи данных по рабочей единице для расчета KPI-показателей

А.1 Сокращения, используемые в настоящем приложении

А.1.1 Общие положения

POS x/y	Последовательность выполнения производственного задания (POS) y в рамках производственного задания x
Wz	Рабочая единица z
OPa	Оператор a
Snn	Серийный номер nn
Серийный номер	Уникальный идентификатор для присвоения серийных номеров единицам произведенной продукции
Цикл тестирования	Количество прохождений теста. «1» означает, что единица произведенной продукции прошла испытания с оценкой «годный к приемке» за один раз (с первого предъявления)
Воздух	Потребленный сжатый воздух; число кубических дециметров, $дм^3$, потребленных в течение определенного периода времени непосредственно на рабочей единице
Газ	Потребленный газ; число кубических метров, $м^3$, потребленных в течение определенного периода времени непосредственно на рабочей единице
Электричество	Потребленное электричество; количество кВтч, потребленных в течение определенного периода времени непосредственно на рабочей единице

А.1.2 Временные элементы

APT	Фактическое время производства
AUST	Фактическое время подготовки к заданию
ADET	Фактическое время задержки процесса
TTR	Время наработки до ремонта
ADOT	Фактическое время простоя
PSDT	Плановое время остановки производства (прекращения работ)
PDOT	Плановое время простоя
PBT	Плановое время занятости персонала

А.2 Комментарии по журналу записей рабочей единицы

Журнал записей рабочей единицы служит основой для представления примерных расчетов конкретных элементов KPI-показателей и самих KPI-показателей. Он относится к периоду, равному календарному дню для двух рабочих единиц с ограничением по мощности.

Две рабочие единицы выполняют два производственных задания в один и тот же день. При этом каждое из двух производственных заданий в последовательности операций выполнения задания использует обе рабочие единицы. Последовательность выполнения производственного задания предполагает этап производства, выполняемый на рабочей единице. Таким образом, последовательность выполнения производственного задания задает последовательные этапы производства в рамках производственного задания.

Рассматриваемые рабочие единицы не зависят друг от друга. Это означает, что случайные (неплановые) остановки или потери скорости одной рабочей единицы не влияют на другую рабочую единицу.

В данном примере последовательность выполнения производственного задания 1 приписывается рабочей единице 1, а последовательность выполнения производственного задания 2 приписывается рабочей единице 2. Таким образом, в данном примере каждая последовательность выполнения производственного задания приписывается разным рабочим единицам.

В данных примерах производственное задание 1 обслуживается двумя последовательностями выполнения, следующими одна за другой: POS1/1 выполняется на рабочей единице 1, а POS2/1 стартует на рабочей единице 2 только после завершения POS1/1. В отличие от этого производственное задание 2 обслуживается двумя последовательностями выполнения, частично пересекающимися во времени: POS2/1 выполняется на рабочей единице 1, а POS2/2 стартует на рабочей единице 2, когда последовательность POS2/1 еще не завершена. Также возможно множество других комбинаций, но в данных примерах они не рассматриваются.

Наложение первой и второй последовательностей выполнения производственного задания (PO2) показано для демонстрации влияния коэффициента распределения или коэффициента производственного (технологического) процесса. Первое производственное задание относится к изготовлению продукции крупными партиями, тогда как второе производственное задание представляет изготовление небольшой партии. И только во втором производственном задании имеются серийные изделия.

Для облегчения прослеживаемости расчетов введена идеализированная сетка как основа конкретных временных периодов по 30 мин на протяжении рабочего времени, т. е. учетный период для данного конкретного примера установлен 30 минут. В реальности периоды времени в журналах записей соответствуют фактическим зарегистрированным временным меткам.

Приведенные количества всегда привязаны к соответствующим вводным данным конкретного периода времени. При указании произведенных количеств дробные единицы округляют.

Фактическое время простоя обеих рабочих единиц наблюдается между первым и вторым производственными заданиями.

Основой для расчетов служит модель 3-сменной работы с утренней, дневной и ночной сменами, начинающимися в 06:00, 14:00 и 22:00. Ночная смена определяется как время, в течение которого продукция не производится (плановое время, в течение которого продукция не производится) для обеих рабочих единиц.

Первое производственное задание характеризуется номинальным количеством в 500 единиц продукции. Второе производственное задание характеризуется номинальным количеством в 8 единиц продукции, но с серийными номерами.

Первое производственное задание имеет плановое время работы за единицу продукции (PRI), равное 200 единицам продукции в час, или время изготовления одной единицы продукции, 0,3 минуты. Второе производственное задание имеет плановое время работы за единицу продукции (PRI), равное 2 единицам продукции в час, или время изготовления одной единицы продукции, равное 30 минутам.

Время на подготовку составляет 30 минут.

Время наработки до ремонта (TTR) включено в фактическое время задержки процесса (ADET).

В данном примере плановый объем брака (PSQ) вычисляют для каждой последовательности выполнения задания, т. е. для каждого этапа производства, и вычисление выполняют после завершения процессов, т. е. PSQ вычисляют по фактическому числу единиц, поступающих на каждый этап производства, и не по плановому числу единиц, поступающих на этап производства, или по числу единиц, вводимых в процесс в целом. Это различие имеет большое значение для производственных заданий, составленных из нескольких последовательностей выполнения задания. Для всех последовательностей выполнения производственного задания в первом производственном задании (POS1/1 и POS1/2), PSQ установлен равным 5 %, в то время как во втором производственном задании или для всех его последовательностей выполнения (POS2/1 и POS2/2) PSQ установлен равным 25 %. Количество единиц продукции, подлежащих доработке, выходит за рамки процесса, что означает, что последующая работа не выполняется на рабочих единицах, рассматриваемых в данном примере.

Плановое энергопотребление на единицу продукции и выполнение производственного задания на рабочей единице приводятся в таблице А.1 в качестве смоделированного примера.

Таблица А.1 — Журнал записей рабочей единицы W1

Последовательности выполнения производственного задания	Сжатый воздух, $дм^3$	Газ, $м^3$	Электроэнергия (кВтч)	PDEI (кВтч)
POS1/1	200	0,02	0,2	0,2 × 0,102 8 + 0,02 × 10 + 0,2 = 0,42
POS1/2	400	0,04	0,4	0,4 × 0,102 8 + 0,04 × 10 + 0,4 = 0,94
POS2/1	500	0,05	0,5	0,5 × 0,102 8 + 0,05 × 10 + 0,5 = 1,05
POS2/2	1 000	0,10	1,0	1,0 × 0,102 8 + 0,10 × 10 + 1,0 = 2,10

В данном примере первое производственное задание имеет плановое энергопотребление на единицу продукции (PDEI), равное 1,36 кВтч. Второе производственное задание имеет плановое энергопотребление на единицу продукции (PDEI), равное 3,15 кВтч, за исключением рассчитанного среднего для времени подготовки, времени демонтажа и времени любой задержки.

Для расчета фактического прямого энергопотребления (ADEC) считают, что энергопотребление измеряется пропорционально временному периоду; таким образом, его необходимо преобразовать в единицы, соответствующие базовым в кВтч.

А.3 Журнал записей рабочей единицы W1

Таблица А.2 — Журнал записей рабочей единицы W1

Время начала работ	Время окончания работ	Продолжительность	Рабочая единица	Плановое время	Плановое время выполнения задания	Смена	Фактическое время выполнения задания	Временной элемент	Описание временного элемента	Оператор	GQ	SQ	RQ	Загрузка	Выгрузка	Серийный номер	Цикл испытаний
00:00	06:00	6:00	W1	PSDT		3		PSDT	Время отключения								
06:00	06:30	0:30		PBT	POS 1/1	1	POS 1/1	AUST	Подготовка	OP1							
06:30	07:00	0:30						APT	Производство		100	0	0	C01	C11		
07:00	07:30	0:30						TTR	Время наработки до ремонта								
07:30	08:00	0:30						APT	Производство		80	20	0		C12		
08:00	08:30	0:30						ADET	Задержка								
08:30	09:00	0:30						APT	Производство		80	10	10	C02	C21		
09:00	09:30	0:30			POS 1/1			TTR	Время наработки до ремонта								
09:30	10:00	0:30			POS 2/1			APT	Производство		90	10	0				
10:00	10:30	0:30						APT	Производство		100	0	0				
10:30	11:00	0:30					POS 1/1	AUST	Подготовка								
11:00	11:30	0:30						ADOT	Фактический простой рабочей единицы								
11:30	12:00	0:30															
12:00	12:30	0:30		PDOT				PDOT	Перерыв								
12:30	13:00	0:30		PBT				ADOT	Фактическая остановка рабочей единицы								
13:00	13:30	0:30															
13:30	14:00	0:30								OP1							
14:00	14:30	0:30				2				OP2							
14:30	15:00	0:30			POS 2/1		POS 2/1	AUST	Подготовка								
15:00	15:30	0:30						APT	Производство		1	0	0	C03		S01	1
15:30	16:00	0:30						APT	Производство		1	0	0			S02	2

Окончание таблицы А.2

Время начала работ	Время окончания работ	Продолжительность	Рабочая единица	Плановое время	Плановое время выполнения задания	Смена	Фактическое время выполнения задания	Временной элемент	Описание временного элемента	Оператор	GQ	SQ	RQ	Загрузка	Выгрузка	Серийный номер	Цикл испытаний
16:00	16:30	0:30						APT	Производство		0	1	0			S03	1
16:30	17:00	0:30						APT	Производство		0	1	0			S04	1
17:00	17:30	0:30						APT	Производство		1	0	0			S05	1
17:30	18:00	0:30		PDOT				PDOT	Перерыв								
18:00	18:30	0:30		PBZ				APT	Производство		1	0	0	C04		S06	2
18:30	19:00	0:30						APT	Производство		1	0	0			S07	1
19:00	19:30	0:30						ADET	Задержка								
19:30	20:00	0:30						TTR	Время наработки до ремонта								
20:00	20:30	0:30						APT	Производство		1	0	0			S08	1
20:30	21:00	0:30					POS 2/1	AUST	Подготовка								
21:00	21:30	0:30						ADOT	Фактическая остановка рабочей единицы								
21:30	22:00	0:30								OP2							
22:00	00:00	2:00		PSDT		3		PSDT	Время остановки								

А.4 Журнал записей рабочей единицы W2

Таблица А.3 — Журнал записей рабочей единицы W2

Время начала работ	Время окончания работ	Продолжительность	Рабочая единица	Плановое время	Плановое время выполнения задания	Смена	Фактическое время выполнения задания	Временной элемент	Описание временного элемента	Оператор	GQ	SQ	RQ	Загрузка	Выгрузка	Серийный номер	Цикл испытаний
00:00	06:00	6:00	W2	PSDT		3		PSDT	Время отключения								
06:00	06:30	0:30		PBT		1		ADOT	Фактическая остановка рабочей единицы	OP3							
06:30	07:00	0:30															

Продолжение таблицы А.3

Время начала работ	Время окончания работ	Продолжительность	Рабочая единица	Плановое время	Плановое время выполнения задания	Смена	Фактическое время выполнения задания	Временной элемент	Описание временного элемента	Оператор	GQ	SQ	RQ	Загрузка	Выгрузка	Серийный номер	Цикл испытаний
07:00	07:30	0:30															
07:30	08:00	0:30															
08:00	08:30	0:30															
08:30	09:00	0:30															
09:00	09:30	0:30															
09:30	10:00	0:30															
10:00	10:30	0:30			POS 1/2												
10:30	11:00	0:30															
11:00	11:30	0:30															
11:30	12:00	0:30					POS 1/2	AUST	Подготовка								
12:00	12:30	0:30						APT	Производство		90	10	0	C11	C31		
12:30	13:00	0:30						ADET	Нет материала								
13:00	13:30	0:30					POS 1/2	APT	Производство		70	10	0	C12	C32		
13:30	14:00	0:30					POS 2/2	APT	Производство	OP3	80	0	0	C21	C33		
14:00	14:30	0:30		PDOT		2		PDOT	Перерыв	OP2							
14:30	15:00	0:30		PBT				APT	Производство		80	0	10				
15:00	15:30	0:30						TTR	Время наработки до ремонта								
15:30	16:00	0:30						ADET	Нет материала								
16:00	16:30	0:30						APT	Производство		90	10	0		C34		
16:30	17:00	0:30					POS 1/2	AUST	Подготовка								
17:00	17:30	0:30						ADOT	Фактическая остановка рабочей единицы								
17:30	18:00	0:30					POS 2/2	AUST	Подготовка								
18:00	18:30	0:30						APT	Производство		1	0	0			S01	1
18:30	19:00	0:30					POS 2/2	APT	Производство		1	0	0			S02	2
19:00	19:30	0:30						APT	Производство							S05	2

Окончание таблицы А.3

Время начала работ	Время окончания работ	Продолжительность	Рабочая единица	Плановое время	Плановое время выполнения задания	Смена	Фактическое время выполнения задания	Временной элемент	Описание временного элемента	Оператор	GQ	SQ	RQ	Загрузка	Выгрузка	Серийный номер	Цикл испытаний
19:30	20:00	0:30		PDOT				PDOT	Перерыв								
20:00	20:30	0:30		PBT				APT	Производство		1	0	0			S06	1
20:30	21:00	0:30						APT	Производство		0	1	0			S07	1
21:00	21:30	0:30						APT	Производство		0	1	0			S08	1
21:30	22:00	0:30					POS 2/2	AUST	Подготовка	OP2							
22:00	00:00	2:00		PSDT		3		PSDT	Время отключения								

А.5 Журнал записей рабочей единицы W1 для расчета энергии

Таблица А.4 — Журнал записей рабочей единицы W1 для расчета энергии

Время начала работ	Время окончания работ	Продолжительность	Рабочая единица	Плановое время	Плановое время выполнения задания	Смена	Фактическое время выполнения задания	Временной элемент	Описание временного элемента	Оператор	GQ	SQ	RQ	Воздух ($дм^3$)	Газ ($м^3$)	Электричество (кВтч)
00:00	06:00	6:00	W1	PSDT		3		PSDT	Время отключения					0	0	0
06:00	06:30	0:30		PBT	POS 1/1	1	POS 1/1	AUST	Подготовка	OP1				1 000	0,1	2
06:30	07:00	0:30						APT	Производство		100	0	0	22 000	2,0	22
07:00	07:30	0:30						TTR	Время наработки до ремонта					1 000	0,1	2
07:30	08:00	0:30						APT	Производство		80	20	0	22 000	2,0	22
08:00	08:30	0:30						ADET	Задержка					1 000	0,1	2
08:30	09:00	0:30						APT	Производство		80	10	10	22 000	2,0	22
09:00	09:30	0:30			POS 1/1			TTR	Время наработки до ремонта					1 000	0,1	2
09:30	10:00	0:30			POS 2/1			APT	Производство		90	10	0	22 000	2,0	22
10:00	10:30	0:30						APT	Производство		100	0	0	22 000	2,0	22
10:30	11:00	0:30					POS 1/1	AUST	Подготовка					1 000	0,1	2
11:00	11:30	0:30						ADOT	Фактическая остановка рабочей единицы					0	0	0

Окончание таблицы А.4

Время начала работ	Время окончания работ	Продолжительность	Рабочая единица	Плановое время	Плановое время выполнения задания	Смена	Фактическое время выполнения задания	Временной элемент	Описание временного элемента	Оператор	GQ	SQ	RQ	Воздух ($дм^3$)	Газ ($м^3$)	Электричество (кВтч)
11:30	12:00	0:30												0	0	0
12:00	12:30	0:30		PDOT				PDOT	Перерыв					0	0	0
12:30	13:00	0:30		PBT				ADOT	Фактическая остановка рабочей единицы					0	0	0
13:00	13:30	0:30												0	0	0
13:30	14:00	0:30								OP1				0	0	0
14:00	14:30	0:30				2				OP2				0	0	0
14:30	15:00	0:30			POS 2/1		POS 2/1	AUST	Подготовка					100	0,01	0,1
15:00	15:30	0:30						APT	Производство		1	0	0	500	0,05	0,5
15:30	16:00	0:30						APT	Производство		1	0	0	500	0,05	0,5
16:00	16:30	0:30						APT	Производство		0	1	0	500	0,05	0,5
16:30	17:00	0:30						APT	Производство		0	1	0	500	0,05	0,5
17:00	17:30	0:30						APT	Производство		1	0	0	500	0,05	0,5
17:30	18:00	0:30		PDOT				PDOT	Перерыв					100	0,01	0,1
18:00	18:30	0:30		PBT				APT	Производство		1	0	0	500	0,05	0,5
18:30	19:00	0:30						APT	Производство		1	0	0	500	0,05	0,5
19:00	19:30	0:30						ADET	Задержка					100	0,01	0,1
19:30	20:00	0:30						TTR	Время наработки до ремонта					100	0,01	0,1
20:00	20:30	0:30						APT	Производство		1	0	0	500	0,05	0,5
20:30	21:00	0:30					POS 2/1	AUST	Подготовка					100	0,01	0,1
21:00	21:30	0:30						ADOT	Фактическая остановка рабочей единицы					0	0	0
21:30	22:00	0:30								OP2				0	0	0
22:00	00:00	2:00		PSDT		3		PSDT	Время отключения					0	0	0

А.6 Журнал записей рабочей единицы W2 для расчета энергии

Таблица А.5 — Журнал записей рабочей единицы W2 для расчета энергии

Время начала работ	Время окончания работ	Продолжительность	Рабочая единица	Плановое время	Плановое время выполнения задания	Смена	Фактическое время выполнения задания	Временной элемент	Описание временного элемента	Оператор	GQ	SQ	RQ	Воздух ($дм^3$)	Газ ($м^3$)	Электричество (кВтч)
00:00	06:00	6:00	W2	PSDT		3		PSDT	Время отключения					0	0	0
06:00	06:30	0:30		PBT		1		ADOT	Фактическая остановка рабочей единицы					0	0	0
06:30	07:00	0:30												0	0	0
07:00	07:30	0:30												0	0	0
07:30	08:00	0:30												0	0	0
08:00	08:30	0:30												0	0	0
08:30	09:00	0:30												0	0	0
09:00	09:30	0:30												0	0	0
09:30	10:00	0:30												0	0	0
10:00	10:30	0:30			POS 1/2									0	0	0
10:30	11:00	0:30												0	0	0
11:00	11:30	0:30												0	0	0
11:30	12:00	0:30					POS 1/2	AUST	Подготовка					2 000	0,2	4
12:00	12:30	0:30						APT	Производство		90	10	0	44 000	4,0	44
12:30	13:00	0:30						ADET	Задержка					2 000	0,2	4
13:00	13:30	0:30			POS 1/2			APT	Производство		70	10	0	35 000	3,0	35
13:30	14:00	0:30			POS 2/2			APT	Производство	OP3	80	0	0	35 000	3,0	35
14:00	14:30	0:30		PDOT		2		PDOT	Перерыв	OP2				2 000	0,2	4
14:30	15:00	0:30		PBT				APT	Производство		80	0	10	40 000	3,5	40
15:00	15:30	0:30						TTR	Время наработки до ремонта					2 000	0,2	4
15:30	16:00	0:30						ADET	Нет материала					2 000	0,2	4
16:00	16:30	0:30						APT	Производство		90	10	0	44 000	4,0	44
16:30	17:00	0:30					POS 1/2	AUST	Подготовка					2 000	0,2	4

Окончание таблицы А.5

Время начала работ	Время окончания работ	Продолжительность	Рабочая единица	Плановое время	Плановое время выполнения задания	Смена	Фактическое время выполнения задания	Временной элемент	Описание временного элемента	Оператор	GQ	SQ	RQ	Воздух ($дм^3$)	Газ ($м^3$)	Электричество (кВтч)
17:00	17:30	0:30						ADOT	Фактическая остановка рабочей единицы					0	0	0
17:30	18:00	0:30					POS 2/2	AUST	Подготовка					200	0,02	0,2
18:00	18:30	0:30						APT	Производство		1	0	0	1 000	0,1	1,0
18:30	19:00	0:30			POS 2/2			APT	Производство		1	0	0	1 000	0,1	1,0
19:00	19:30	0:30						APT	Производство		1	0	0	1 000	0,1	1,0
19:30	20:00	0:30		PDOT				PDOT	Перерыв					200	0,02	0,2
20:00	20:30	0:30		PBT				APT	Производство		1	0	0	1 000	0,1	1,0
20:30	21:00	0:30						APT	Производство		0	1	0	1 000	0,1	1,0
21:00	21:30	0:30						APT	Производство		0	1	0	1 000	0,1	1,0
21:30	22:00	0:30					POS 2/2	AUST	Подготовка	OP2				200	0,02	0,2
22:00	00:00	2:00		PSDT		3		PSDT	Время отключения					0	0	0

А.7 Диаграмма журнала записей рабочей единицы W1

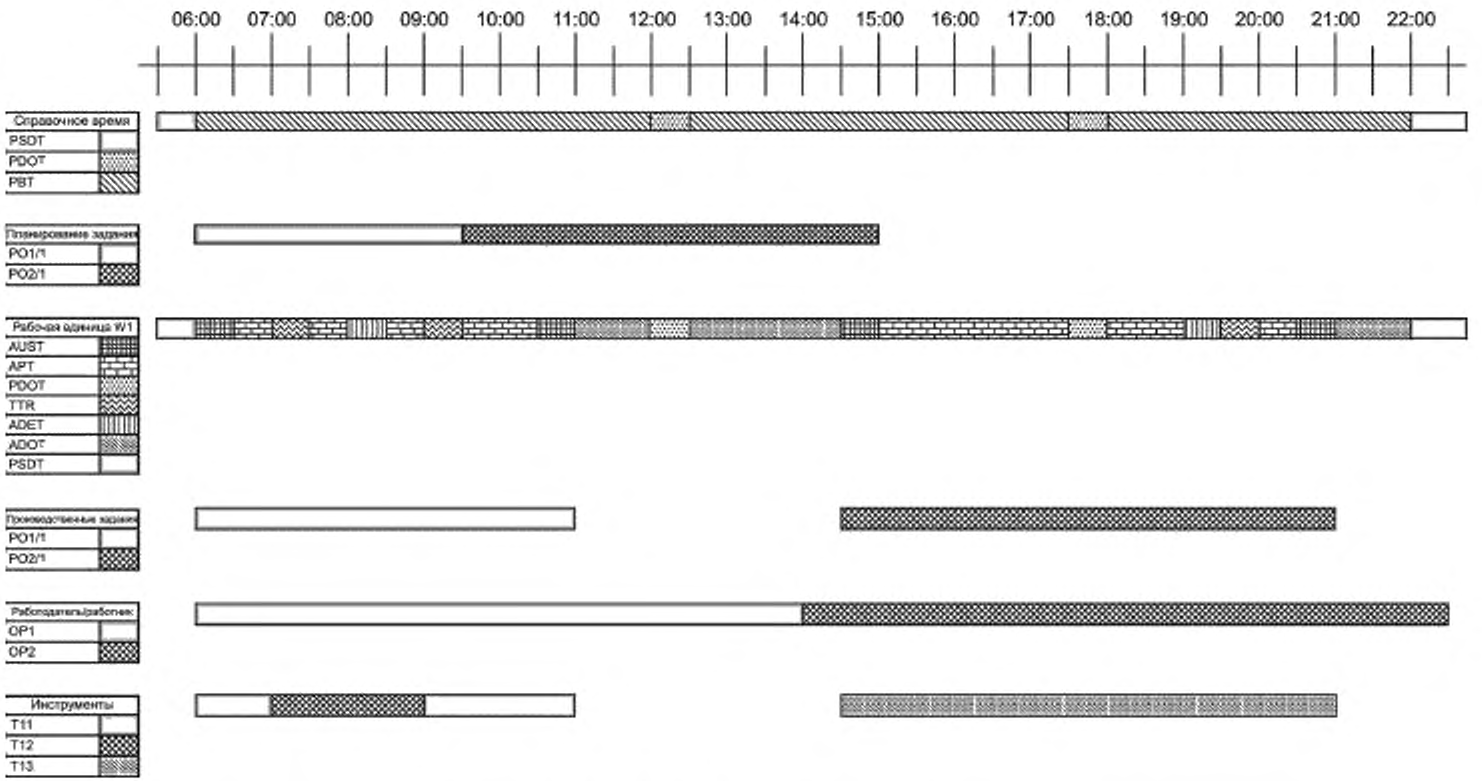


Рисунок А.1 — Диаграмма журнала записей рабочей единицы W1

А.8 Диаграмма журнала записей рабочей единицы W2

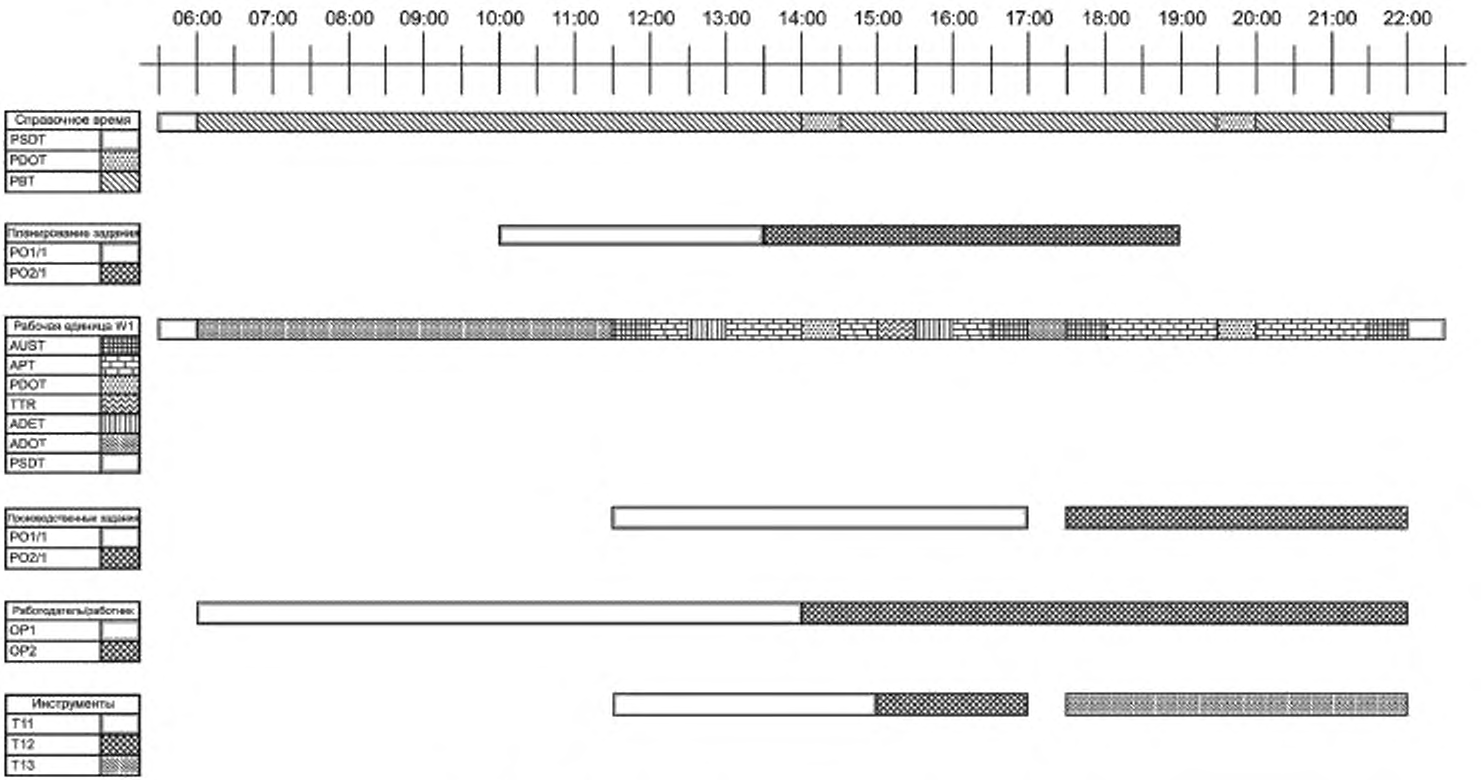


Рисунок А.2 — Диаграмма журнала записей рабочей единицы W2

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ISO 22400-2:2014	IDT	ГОСТ Р ИСО 22400-2—2019 «Системы промышленной автоматизации и интеграция. Ключевые технико-экономические показатели (KPIs) для управления производственными операциями. Часть 2. Определения и описания»

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта:

- IDT — идентичный стандарт.

УДК 658.52.011.56 ОКС 25.040.01 IDT

Ключевые слова: системы промышленной автоматизации и интеграция, управление производственными операциями, последовательность операций, ключевые показатели производительности, сбор данных

Редактор *З.Н. Киселева*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 11.10.2021. Подписано в печать 01.11.2021. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,34.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
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