

# ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ СБОРКИ ПОКРЫШЕК

## Предисловие

В предыдущей статье «Энергетический подход к проектированию технологических систем типа «человек – машина – предмет труда – источник энергии» [1], опубликованной в 2010 году в издании «Академия Тринитаризма», изложены методологические основы применения энергетического подхода к формированию и расчету основных показателей, создаваемых технологических систем. Такие технологические системы используются в технологических процессах механической обработки. К числу механических процессов всегда относят обработочные, переработки, формообразующие и сборочные процессы, а также их различные совмещения.

Для подтверждения возможности, правомерности и целесообразности применения энергетического подхода на практике, в настоящей статье проиллюстрировано его применение на примере оценки технических и социально-экономических показателей технологических систем для сборки покрышек. Эти технологические системы широко применяются в сборочно-заготовительном производстве шинных предприятий страны.

Проиллюстрированная методология энергетического подхода может служить в качестве практической методики оценки показателей технологических систем для сборки покрышек, как создаваемых для сборочных цехов шинных предприятий, так и для действующих в этих цехах технологических систем.

В качестве исходных данных использованы фактические параметры конкретной технологической системы для сборки покрышек и параметры технологического процесса, который в ней совершается. Технологические процессы сборки покрышек являются механическими процессами, совмещающие формообразующие и сборочные процессы и в этом есть специфические особенности этих процессов и реализующих их систем.

В ходе иллюстрации практического применения энергетического подхода автор расширил некоторые положения энергетического подхода, которые изложены в статье [1].

## 1. Понятие «технологическая система» и ее разновидности

Согласно ГОСТ 27.004-85 «технологическая система есть совокупность средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций» [2].

В данном стандарте приведены понятия трех составляющих технологической системы: предметов производства, регламентированных условий производства и исполнителей.

К предметам производства относятся: материал, заготовка, полуфабрикат и изделие, находящиеся в соответствии с выполняемым технологическим процессом в стадии хранения, транспортировки, формообразования, обработки, сборки, ремонта, контроля и испытаний.

К регламентированным условиям производства относятся: регулярность поступления предметов производства, параметры энергоснабжения, параметры окружающей среды и др.

Исполнитель в технологической системе – человек, осуществляющий трудовую деятельность по непосредственному изменению и (или) определению состояния предметов производства, техническому обслуживанию или ремонту средств технологического оснащения.

Что касается понятия «средства технологического оснащения», то согласно ГОСТ 3.1109-82 «Средства технологического оснащения – совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса» [3].

В стандарте отсутствует понятие «орудие производства», а в качестве синонима ему используется термин «технологическое оборудование».

По ГОСТ 3.1109-82 «Технологическое оборудование – средства технологического оснащения, в которых размещают материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка. Технологическая оснастка – средства технологического оснащения, дополняющее технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса». Элементами технологической оснастки являются инструмент и приспособление.

Понятия «технологическая система» связано с понятием «технологический процесс». Однако из содержания понятия (ГОСТ 3.1109-82) «технологический процесс - часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда» такой связи не обнаруживается.

По нашему мнению, связь технологической системы с технологическим процессом заключается в том, что технологическая система – это технологический процесс в статике, а технологический процесс – это технологическая система в динамике [1].

В ГОСТ 27.004-85 выделяются четыре иерархических уровня технологических систем: технологические системы операций, технологические системы процессов, технологические системы производственных подразделений, технологические системы предприятий.

Процессы сборки связаны с применением физических воздействий сборщика и станка на детали собираемой крыши и в этой связи такие технологические процессы относятся к процессам механическим. Так как процессы совершаются на одном рабочем месте, то они являются технологическими операциями. Поэтому рассматриваемая ТС, по терминологии ГОСТ 27.004-85, будет иметь уточненное название – ТС операций сборки крышек.

## **2. Цель и задачи настоящей работы**

Целью настоящей работы является иллюстрация практического применения энергетического подхода к оценке показателей ТС операций сборки крышек.

Практическая оценка показателей ТС может осуществляться как на стадии проведения приемочных испытаний средств технологического оснащения ТС, так и на стадии их эксплуатации в условиях действующего производства.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Описать выбор ТС операций сборки крышек.
2. Осуществить выбор исходных данных для оценки показателей ТС операций сборки крышек.
3. Установить задачи и порядок оценки показателей ТС операций сборки крышек.
4. Описать процедуры оценки энергетических и социально-экономических показателей ТС операций сборки крышек.
5. Обобщить результаты настоящей работы.

### **2.1. Выбор ТС операций сборки крышек**

В качестве объекта применения энергетического подхода выбрана технологическая система, предназначенная для выполнения технологических операций сборки грузовых крышек типоразмера 260-508 браслетным методом.

Такие системы широко используются в сборочных цехах предприятий шинной промышленности.

В состав ТС операций сборки крышек входят следующие основные компоненты:

1. Исполнитель - сборщик крышек 6 разряда.
2. Средства технологического оснащения:
  - технологическое оборудование - универсальный станок для сборки крышек типа СПД2-660-900Б;
  - технологическая оснастка - барабан к станкам для сборки крышек типоразмера 206-508.
3. Предметы производства - комплект резинокордных материалов и деталей (кордные браслеты, бортовые крылья, чеферные ленты, брекеры и протекторы).

#### 4. Регламентированные условия производства:

- регулярность поступления предметов производства – в соответствии с условиями массового производства покрышек (с цепного конвейера);
- параметры электроснабжения - силовая электрическая сеть предприятия для снабжения электрической энергией приводов рабочих органов станков;
- условия труда – допустимые (класс 2) по Р.2.2.2006-05 [4].

### 2.3. Выбор исходных данных для оценки показателей ТС операций сборки покрышек

Содержание технологических операций, выполняемых ТС операций сборки покрышек, служит первичной информационной базой для оценки ее показателей.

В шинном производстве содержание технологических операций сборки покрышек, как правило, приводится в нормировочных картах, в которых указываются состав технологических переходов и затраты времени на их выполнение.

В табл.1 представлена нормировочная карта сборки покрышки типоразмера 260-508 на станке СПД2-660-900Б, составленная для условий массового производства покрышек.

**Таблица 1. Нормировочная карта сборки покрышек типоразмера 260-508  
браслетным методом на станке СПД2-660-900Б**

Наименование перехода (приема)	Затраты времени, с
1. Взять два крыла, протащить через барабан, причем одно крыло положить в магазин, другое – одеть на кулачки	17
2. Развернуть барабан, смазать его глицерином	3
3. Взять первый браслет, одеть на сложенный барабан	32
4. Автоматическая обработка бортовой части 1-го браслета	38
5. Промазать поверхность покрышки стеоратом цинка	16
6. Взять из магазина крылья и одеть на кулачки	16
7. Взять второй браслет, надеть на развернутый барабан при помощи механической скалки и выровнять браслет по метке светового указателя	35
8. Автоматическая обработка бортовой части 2-го браслета	33
9. Прокатать борт бортовыми прикатчиками	17
10. Взять третий браслет, надеть на развернутый барабан при помощи скалки и выровнять браслет по метке светового указателя. Осветить кромки браслета по внутренней поверхности бензином	42
11. Прокатать 3-й браслет нижними прикатчиками	16
12. Автоматическая обработка 3-го браслета	29
13. Взять и наложить чеферные бортовые ленты	41
14. Автоматическая обработка бортовой ленты	25
15. Подвернуть бортовую ленту на подошвы бортов при помощи бортовых прикатчиков	32
16. Произвести посадку крыльев для следующей покрышки	17
17. Взять и надеть брекер на край развернутого барабана и на наконечник механической скалки	24
18. Передвинуть механической скалкой брекер и выровнять по метке светового указателя	10
19. Прикатать брекер нижними прикатчиками, освежить поверхность брекера и каркаса бензином	17
20. Поднести протектор с конвейера	20
21. Взять протектор наложить и состыковать	81

22. Прикатать нижними прикатчиками	25
23. Прикатать бортовыми прикатчиками	37
24. Проколоть пузыри на поверхности покрышки	19
25. Наклеить рабочий номер	6
26. Подвести каретку для съема собранной покрышки, сложить барабан и снять покрышку с барабана, откатить покрышку в сторону	34
Оперативное время	682

### **3. Задачи и порядок оценки показателей ТС операций сборки покрышек**

Основными задачами оценки показателей исследуемой ТС операций сборки покрышек являются:

- изучение технологической операции сборки покрышек 260-508 и разделение составляющих ее технологических переходов (приемов) по степени механизации на ручные, машинно-ручные и машинные переходы;
- установление и формирование главных энергетических функций и показателей сборщика и станка;
- оценка категории тяжести работ и потребляемой полезной мощности по переходам, выполняемым сборщиком (ручным и машинно-ручным);
- оценка затрат времени сборщиком на выполнение энергетических функций при сборке одной покрышки;
- оценка полезных и полных энергозатрат сборщика на сборку одной покрышки;
- оценка затрат времени станка на выполнение энергетических функций при сборке одной покрышки;
- оценка полезной мощности станка при выполнении машинных и машинно-ручных переходов;
- оценка полезных и полных энергозатрат станка на сборку одной покрышки;
- оценка общего КПД станка;
- оценка производительности ТС операций сборки покрышек при исчислении её по энергетическому и временному режимам функционирования сборщика;
- оценка и анализ энергозатрат сборщика при установлении производительности ТС операций сборки покрышек по временному режиму ее функционирования;
- оценка временного и энергетического уровня механизации живого труда в ТС операций сборки покрышек;
- оценка временного и энергетического уровня средств технологического оснащения;
- оценка экономической производительности станка;
- оценка трудоемкости работ, замещаемых станком за средний ресурс до его капитального ремонта;
- оценка стоимости рабочей силы, замещаемой применением станка за средний ресурс до его капитального ремонта;
- оценка предельной стоимости (цены) станка.

Рассмотрим процедуры решения каждой из поставленных выше задач.

### **4. Процедуры оценки показателей ТС операций сборки покрышек**

#### **4.1. Изучение технологической операции сборки покрышки и установление ручных, машинно-ручных и машинных переходов**

Рассматривая процесс сборки покрышек, можно выделить в нем активные и пассивные компоненты. Активными компонентами являются сборщик покрышек и станок СПД2-660-900Б с источниками энергии. Пассивными компонентами процесса сборки являются резинокордные заготовки, детали и полуфабрикаты собираемой покрышки, составляющие объект обработки (предмет труда).

В результате воздействия активной части сборочной системы на объект обработки происходит постепенное преобразование его в продукт труда – не вулканизованную покрышку.

На основе проведения мониторинга функционирования ТС операций сборки покрышек типоразмера 260-508, например, в условиях действующего производства в нормировочной карте устанавливается разделение технологических переходов на ручные, машинно-ручные и машинные переходы.

В табл. 2 представлена нормировочная карта сборки покрышки типоразмера 260-508 браслетным методом с условным обозначением степени механизации переходов операции сборки покрышки. Ручные переходы обозначаются символом «Р», машинно-ручные - символом «МР», а машинные – «М».

**Таблица 2. Нормировочная карта сборки покрышек типоразмера 260-50 с указанием степени механизации переходов**

Наименование перехода (приема)	Степень механизации	Затраты времени, с.
1. Взять два крыла, протащить через барабан, причем одно крыло положить в магазин, другое – одеть на кулачки	Р	17
2. Развернуть барабан, смазать его глицерином	Р	3
3. Взять первый браслет, одеть на сложенный барабан	Р	32
4. Автоматическая обработка бортовой части 1-го браслета	М	38
5. Промазать поверхность покрышки стеоратом цинка	Р	16
6. Взять из магазина крылья и одеть на кулачки	Р	16
7. Взять второй браслет, надеть на развернутый барабан при помощи механической скалки и выровнять браслет по метке светового указателя	МР	35
8. Автоматическая обработка бортовой части 2-го браслета	М	33
9. Прокатать борт бортовыми прикатчиками	М	17
10. Взять третий браслет, надеть на развернутый барабан при помощи скалки и выровнять браслет по метке светового указателя. Осветить кромки браслета по внутренней поверхности бензином	МР	42
11. Прокатать 3-й браслет нижними прикатчиками	М	16
12. Автоматическая обработка 3-го браслета	М	29
13. Взять и наложить чеферные бортовые ленты	МР	41
14. Автоматическая обработка бортовой ленты	М	25
15. Подвернуть бортовую ленту на подошвы бортов при помощи бортовых прикатчиков	М	32
16. Произвести посадку крыльев для следующей покрышки	Р	17
17. Взять и надеть брекер на край развернутого барабана и на наконечник механической скалки	МР	24
18. Передвинуть механической скалкой брекер и выровнять по метке светового указателя	МР	10
19. Прикатать брекер нижними прикатчиками, освежить поверхность брекера и каркаса бензином	МР	17
20. Поднести протектор с конвейера	Р	20
21. Взять протектор наложить и состыковать	МР	81
22. Прикатать нижними прикатчиками	М	25
23. Прикатать бортовыми прикатчиками	М	37
24. Проколоть пузыри на поверхности покрышки	Р	19
25. Наклеить рабочий номер	Р	6

26. Подвести каретку для съема собранной покрышки, сложить барабан и снять покрышку с барабана, откатить покрышку в сторону	Р	34
Оперативное время	-	682

#### **4.2. Установление энергетических функций и показателей сборщика и станка для сборки покрышек**

Главные энергетические функции сборщика и станка устанавливаются и формулируются исходя из их энергетического участия в выполнении технологических переходов. Например, главную энергетическую функцию сборщика при выполнении ручного перехода можно сформулировать так: «Обеспечивает энергией выполнение данного технологического перехода» и т.п. Аналогичным образом формулируется главная энергетическая функция станка при выполнении машинного технологического перехода. При выполнении машинно-ручного технологического перехода главная энергетическая функция формулируется так: «Обеспечивают энергией выполнение данного технологического перехода».

По каждому технологическому переходу операции сборки покрышки установим и сформулируем главные энергетические функции сборщика и станка.

Качество исполнения главных энергетических функций определяется системой энергетических параметров (показателей).

Для описания качества исполнения энергетических функций сборщика выберем следующие показатели: категория работ (функций), мощность, время, полезные энергозатраты, а для описания качества исполнения энергетических функций станка – мощность, время, полезные и полные энергозатраты, коэффициент полезного действия (КПД).

Для наглядности и удобства хранения информации об энергетических свойствах ТС операций сборки покрышек составляется сводная таблица, в которой приводятся энергетические функции и энергетические показатели её активных компонентов - сборщика и станка СПД2-660-900Б по технологическим переходам сборки покрышки.

После формулирования энергетических функций функции сборщика и станка в последовательности выполнения переходов, указанных в нормировочной карте, необходимо переходить к оценке энергетических показателей сначала сборщика, а потом – станка для сборки покрышек.

Оценка энергетических показателей сборщика покрышек осуществляется на основе установления категории тяжести работ и соответствующей этой категории потребляемой полезной мощности сборщика покрышек при выполнении ручных и машинно-ручных технологических переходов сборки покрышки типоразмера 260-508.

#### **4.3. Оценка категории тяжести работ и полезной мощности по переходам, выполняемым с участием сборщика покрышек**

Трудовая деятельность сборщика покрышек должна быть организована с учетом энергетических возможностей человека.

По данным работы [5] средние энергетические затраты человека не должны превышать 4 – 5 ккал (17 – 21 кДж) в минуту, 250 ккал (1047 кДж) в час, 2000 ккал (8370 кДж) в смену при постоянной нагрузке, 2500 ккал (10470 кДж) в смену при максимальной нагрузке.

Учёт энергетических возможностей человека означает установление эргономических требований к конструкции станков для сборки покрышек.

Согласно ГОСТ 12.2.049-80 «конструкция производственного оборудования должна обеспечивать такие физические нагрузки на работающего, при которых энергозатраты организма в течение рабочей смены не превышали бы 1046,7 кДж/ч (250 ккал/ч)» [6].

Энергозатраты в определенной степени характеризуют интенсивность и тяжесть труда человека.

Интенсивность труда определяется количеством затраченной жизненной энергии в единицу времени (мощностью), а тяжесть труда – величиной затраченной человеком энергии на выполнение данной работы.

ГОСТ 12.1.005–88 в зависимости от общих энергозатрат организма устанавливает четыре категории тяжести работ [7]:

- легкие физические работы (категория 1) – Виды деятельности с расходом энергии не более 150 ккал/ч (174 Вт) Легкие физические работы разделяются на категории 1а – энергозатраты до 120 ккал/ч (139 Вт) и категории 1б – энергозатраты 121-150 ккал/ч (140-174 Вт).

- средней тяжести физические работы (категория 2) – Виды деятельности с расходом энергии в пределах 150-250 ккал/ч (175-290 Вт). Средней тяжести физические работы разделяются на категорию 11а – энергозатраты от 151 до 200 ккал (175-232 Вт) и категорию 11б – энергозатраты от 201 до 250 ккал/ч (233-290 Вт).

- тяжелые физические работы (категория 3) – Виды деятельности с расходом энергии более 250 ккал/ч (290 Вт). К категории 111 относятся работы, связанные с постоянным перемещениями и переноской (свыше 10 кг) тяжестей и требующих больших физических усилий

Для установления категории тяжести работ сборщика использованы данные о массе резинокордных материалов и деталей собираемой покрышки, видах работ, выполняемых сборщиком при выполнении ручных и машинно–ручных переходов и категорий оценки тяжести работ, приведенных выше.

Для удобства проведения в дальнейшем расчетов, энергозатраты человека при выполнении физической работы будут выражаться в Дж/с, которые количественно равны значениям в ваттах: 1 Вт = 1 Дж/с.

Выполняемые сборщиком переходы 1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 13, 16, 18, 19, 24, и 25 отнесены к категории 1б, переходы 17, 20 и 21 – к категории 2а, а переход 26 – к категории 2б. Этим категориям работ соответствуют интервалы значений затрат энергии человека в единицу времени, т.е. интервалы значений мощности человека.

Примем потребные мощности сборщика по максимальным значениям указанных выше интервалов. Тогда потребная мощность сборщика при выполнении работ категории 1б будет составлять 174 Дж/с (150 ккал/ч), при выполнении работ категории 2а – 232 Дж/с (200 ккал/ч), а при выполнении работ категории 2б – 290 Дж/с (250 ккал/ч).

#### **4.4. Оценка затрат времени сборщика на выполнение энергетических функций при сборке покрышки**

Время выполнения сборщиком энергетических функций при выполнении ручных и машинно–ручных переходов можно приближенно принять равным времени выполнения самих переходов.

Полное ручное время сборки покрышки в целом определяется по формуле:

$$T_q^{um} = \sum_{i=1}^n t_{qi} \quad (1)$$

где

$T_q^{um}$  – полное ручное время (сумма ручного, кооперированно-ручного и машинно-ручного времени) сборки покрышек, с/шт;

$i$  - номер перехода, выполняемого с участием сборщика;

$n$  - количество переходов, выполняемых с участием сборщика;

$t_{qi}$  - время, затрачиваемое сборщиком на выполнение  $i$  – го перехода.

#### **4.5. Оценка полезных энергозатрат сборщика на сборку одной покрышки**

Полезные энергозатраты сборщика на сборку одной покрышки определяются по формуле:

$$\Delta E_q^{um} = \sum_{i=1}^n P_{qi} \cdot t_{qi} / 1000 = \sum_{i=1}^n \Delta E_{qi} \quad (2)$$

где

$\Delta E_{ci}^{um}$  - потребные полезные энергозатраты сборщика на сборку покрышки, кДж;

$P_{ci}$  - потребная полезная мощность сборщика при выполнении  $i$ -го перехода, Дж/с.;

$\Delta E_{ci}$  – полезные энергозатраты сборщика на выполнение  $i$  – го перехода.

Результаты оценки энергетических показателей сборщика по ручным и машинно-ручным переходам и в целом на одну покрышку приведены в табл. 3.

**Таблица 3. Энергетические функции и показатели сборщика при сборке покрышки**

Энергетические функции сборщика при выполнении перехода	Энергетические показатели сборщика			
	Кт	$P_{ci}$ , Дж/с	$t_{ci}$ , с.	$\Delta E_{ci}$ , кДж
Обеспечивает энергией выполнение 1-го перехода	1б	174	17	2,96
Обеспечивает энергией выполнение 2-го перехода	1б	174	3	0,52
Обеспечивает энергией выполнение 3-го перехода	1б	174	32	5,57
Обеспечивает энергией выполнение 5-го перехода	1б	174	16	2,78
Обеспечивает энергией выполнение 6-го перехода	1б	174	16	2,78
Обеспечивает энергией выполнение 7-го перехода	1б	174	35	6,09
Обеспечивает энергией выполнение 8-го перехода	1б	174	42	7,31
Обеспечивает энергией выполнение 13-го перехода	1б	174	41	7,13
Обеспечивает энергией выполнение 16-го перехода	1б	174	17	2,96
Обеспечивает энергией выполнение 17-го перехода	2а	232	24	5,57
Обеспечивает энергией выполнение 18-го перехода	1б	174	10	1,74
Обеспечивает энергией выполнение 19-го перехода	1б	174	17	2,96
Обеспечивает энергией выполнение 20-го перехода	2а	232	20	4,64
Обеспечивает энергией выполнение 21-го перехода	2а	232	81	18,79
Обеспечивает энергией выполнение 24-го перехода	1б	174	19	3,31
Обеспечивает энергией выполнение 25-го перехода	1б	174	6	1,04
Обеспечивает энергией выполнение 26-го перехода	2б	290	34	9,89
Итого	-	-	430	86,00

**Примечание.** Кт – категория тяжести работ по ГОСТ 12.1.005-88 [7].

После отражения энергетических показателей сборщика покрышек в табл.3 осуществляется оценка временных и энергетических показателей станка для сборки покрышек.



#### 4.6. Оценка затрат времени станка на выполнение машинно-ручных и машинных переходов сборки одной покрышки

Затраты времени станка на выполнение энергетических функций можно приближенно принять равным времени выполнения машинных и машинно-ручных переходов.

Полное машинное время сборки покрышки определяется по формуле:

$$T_{nm}^{um} = \sum_{j=1}^m t_{mj} \quad (3)$$

где

$T_{nm}^{um}$  - полное машинное время (сумма машинного и машинно-ручного времени) сборки покрышки, с/шт;

$j$  - номер перехода, выполняемого с участием станка;

$m$  - количество переходов, выполняемых с участием станка;

$t_{mj}$  - время, затраченное станком на выполнение  $j$ -ого перехода, с/переход.

$$T_{nm}^{um} = 38+35+33+17+42+16+29+41+25+32+24+10+17+81+25+37 = 81 \text{ с.}$$

#### 4.7. Оценка полезной мощности станка при выполнении машинных и машинно-ручных переходов

Так как при выполнении машинных и машинно-ручных переходов участвуют несколько приводов рабочих органов, то необходимо установить состав рабочих органов станка, участвующих в их выполнении.

Основными рабочими органами станка для сборки покрышки являются:

1. Барабан, на котором осуществляется сборка покрышки.
2. Механизмы обработки (формирования) борта покрышки (МФБ), состоящие из шаблонов и захватов рычажно-пружинного типа. Шаблоны предназначены для установки и передачи бортовых колец (крыльев) к бортовой части собираемой покрышки, а захваты - для обработки бортовой части надетых на барабан резинокордных браслетов.
3. Универсальные прикатчики (УП), состоящие из нижних и бортовых прикатчиков. Нижние ролики универсальных прикатчиков (УП), предназначены для силового соединения между собой, накладываемых на барабан, резинокордных браслетов, брекера и протектора по цилиндрической части покрышки, а бортовые ролики - по ее бортовой части.

Известно, что функцию передачи механической энергии рассматриваемому рабочему органу рабочей машины осуществляет его привод, состоящий, как правило, из двигателя и передаточного механизма. Двигатель выполняет функцию приема и преобразования энергии, передаточный механизм – функцию передачи энергии рабочему органу машины, а рабочий орган – функцию отдачи энергии объекту обработки. Эти функции являются основными энергетическими функциями рабочей машины.

Аналогичные основные энергетические функции выполняют рабочие органы и приводы станка. Так, барабан приводится во вращение электромеханическим приводом, рабочие органы механизма формирования борта покрышки – электрогидравлическим приводом, а нижние ролики и бортовые ролики УП – электромеханическим приводом. Во всех этих приводах первичными преобразователями электрической энергии в другие виды энергии являются электродвигатели переменного тока. Таким образом, они являются объектами измерения потребляемой мощности, т.е. мощности, потребляемой на входе станка при его работе под нагрузкой и на холостом ходу.

Для определения полезной мощности станка, при выполнении машинных и машинно-ручных переходов, могут быть использованы данные по режимам сборки покрышки или экспериментальные данные, полученные на экспериментальных образцах создаваемых станков, путем изменения мощности на холостом ходу и под нагрузкой (при сборке покрышки).

В шинной промышленности нормативы режимов сборки покрышек в практике не применяются, поэтому при определении полезной мощности станка следует использовать

экспериментальные данные, которые для машинного компонента ТС операций сборки покрышек приведены в табл. 4.

**Таблица 4. Результаты измерения потребляемой мощности станка СПД2-660-900Б (по данным ОАО НИИШИНМАШ)**

Наименование привода станка, участвующего в выполнении перехода	Потребляемая мощность, кДж/с (кВт)		Установленная мощность привода, кДж/с (кВт)
	под нагрузкой	на холостом ходу	
1.Электромеханический привод вращения сборочного барабана при: - наложении слоев корда; -прикатке слоев корда по цилиндрической части; -прикатке слоев корда по бортовой части; - прикатке брекера; -прикатке протектора.	1,05	0,84	3.5
	1,26	0,84	
	1,30	0,84	
	1,28	0,84	
	1,35	0,84	
2.Электромеханический привод перемещения прикатчиков при: -прикатке слоёв корда по цилиндрической части; -прикатке слоев корда по бортовой части; - прикатке брекера; -прикатке протектора.	0,54	0,36	1.1
	0,55	0,36	
	0,54	0,36	
	0,65	0,36	
3. Электрогидравлический привод продольного перемещения механизмов формирования борта покрышки при обжати по плечикам барабана и завороте на крыло.	2,25	1,02	3.0

Результаты измерения потребляемых мощностей (в режиме нагрузки и холостого хода) станка служат основой для определения полезной мощности, затрачиваемой на выполнение машинного (машинно-ручного) перехода, рассчитываются по формуле:

$$P_j = \sum_{j=1}^k P_{cj}^n - \sum_{j=1}^k P_{cj}^x \quad (4)$$

где

$P_j$  – полезная мощность станка при выполнении  $j$ -го перехода, кДж/переход;

$c$  – тип привода, участвующего в выполнении  $j$ -го перехода;

$k$  – количество приводов, участвующих в выполнении  $j$ -го перехода;

$P_{cj}^n$  – потребляемая мощность  $c$ -го привода при выполнении  $j$ -го перехода (в режиме нагрузки), кДж/с (кВт);

$P_{cj}^x$  – потребляемая мощность  $c$ -го привода в режиме холостого хода, кДж/с.

Для определения полезной энергии на основе данных табл. 2 и 4 можно установить состав приводов станка, которые участвуют в выполнении машинно-ручных и машинных переходов (табл. 5).



9-й	1.30	0.55	1.85	0.84	0.36	1.20	0.65
11-й	1.26	0.54	1.80	0.84	0.36	1.20	0.60
15-й	1.30	0.55	1.85	0.84	0.36	1.20	0.65
19-й	1.28	0.54	1.82	0.84	0.36	1.20	0.62
22-й	1.35	0.65	2.00	0.84	0.36	1.20	0.80
23-й	1.35	0.65	2.00	0.84	0.36	1.20	0.80

На основе данных табл. 2 и табл. 6 можно определить полезные мощности привода барабана и привода захватов МФБ при выполнении машинно-ручных и машинных переходов (табл. 7).

**Таблица 7. Оценка полезной мощности приводов станка по выполнении машинно-ручных и машинных переходов**

Номер перехода	Мощность привода барабана		Полезная мощность привода барабана	Мощность привода захватов МФБ		Полезная мощность привода захватов МФБ
	под нагрузкой	на холостом ходу		под нагрузкой	на холостом ходу	
4-й	-	-	-	2.25	1.02	1.23
7-й	1.05	0.84	0.21	-	-	-
8-й	-	-	-	2.25	1.02	1.23
10-й	1.05	0.84	0.21	-	-	-
12-й	-	-	-	2.25	1.02	1.23
13-й	1.05	0.84	0.21	-	-	-
14-й	-	-	-	2.25	1.02	1.23
17-й	1.05	0.84	0.21	-	-	-
18-й	1.05	0.84	0.21	-	-	-
21-й	1.05	0.84	0.21	-	-	-

На основе данных табл. 2, 6 и 7 рассчитываются затраты полезной и полной мощности станка на выполнение машинно-ручных и машинных переходов (табл. 8).

**Таблица 8. Оценка затрат полезной и полной мощности станка на выполнение машинно-ручных и машинных переходов**

Номер переход	Полезная мощность привода			Полезная мощность станка	Полная мощность привода			Полная мощность станка
	Бар	УП	МФБ		Бар	УП	МФБ	
4-й	-	-	1.23	1.23	-	-	2.25	2.25
7-й	0.21	-	-	0.21	1.05	-	-	1.05
8-й	-	-	1.23	1.23	-	-	2.25	2.25
9-й	-	-	-	0.65	1.30	0.55	-	1.85
10-й	0.21	-	-	0.21	1.05	-	-	1.05
11-й	-	-	-	0.60	1.26	0.54	-	1.80
12-й	-	-	1.23	1.23	-	-	2.25	2.25
13-й	0.21	-	-	0.21	1.05	-	-	1.05
14-й	-	-	1.23	1.23	-	-	2.25	2.25
15-й	-	-	-	0.65	1.30	0.55	-	1.85
17-й	0.21	-	-	0.21	1.05	-	-	1.05
18-й	0.21	-	-	0.21	0.21	-	-	1.05

19-й	-	-	-	0.62	1.28	0.54	-	1.82
21-й	0.21	-	-	0.21	1.05	-	-	1.05
22-й	-	-	-	0.80	1.35	0.65	-	2.00
23-й	-	-	-	0.80	1.35	0.65	-	2.00

Примечания:

1. Условные обозначения:

- Бар – барабан;
- УП – ролики универсальных прикатчиков;
- МФБ – механизмы формирования борта покрышки.

2. Значения полезной мощности привода барабана и привода роликов универсальных прикатчиков при выполнении переходов 9, 11, 15, 19, 22., 23 в табл. 8 не проставлены, так как имеются их общие значения, приведенные в табл.6.

#### 4.8. Оценка полезных и полных энергозатрат станка на сборку одной покрышки

Используя данные по мощности, указанные в табл. 8, производится расчёт полезной энергии, затрачиваемой станком на выполнение j-го перехода и сборку покрышки в целом.

Полезные энергозатраты станка на сборку одной покрышки определяются по формуле:

$$\Delta E^{um} = \sum_{j=1}^m P_j \cdot t_{mj} = \sum_{j=1}^m \Delta E_j \quad (5)$$

где

$\Delta E^{um}$  – полезные энергозатраты станка на сборку одной покрышки, кДж/шт;

$m$  – количество переходов, выполняемых с участие станка (машинных и машинно – ручных переходов);

$\Delta E_j$  – полезные энергозатраты станка на выполнение j-го перехода, кДж/переход.

Полные энергозатраты станка на сборку одной покрышки (удельный расход электрической энергии станка) определяется по формуле:

$$\Delta E_n^{um} = \sum_{j=1}^m \sum_{c=1}^k P_{cj}^n = \sum_{l=1}^m \Delta E_{nj} \quad (6)$$

где

$\Delta E_n^{um}$  – полные энергозатраты станка на сборку одной покрышки, кДж/шт;

$\Delta E_{nj}$  – полные энергозатраты станка на выполнение j-го перехода, кДж/переход.

#### 4.9. Оценка КПД станка

Общий КПД приводов станка при выполнении j-ого перехода определяется по формуле:

$$КПД_j = \Delta E_j / \Delta E_{nj} \quad (7)$$

Общий КПД станка при сборке покрышки определяется по формуле:

$$КПД_m = 100 \cdot \Delta E^{um} / \Delta E_n^{um} \quad (8)$$

Где

$КПД_m$  – среднее значение КПД станка при сборке одной покрышки, %

После проведения оценки энергетических показателей станка для сборки покрышек они заносятся в сводную таблицу энергетических функций и показателей этого станка (табл. 9).

**Таблица 9. Энергетические функции и энергетические показатели станка для сборки покрышек**

Энергетические функции станка при выполнении $j$ -го перехода	Энергетические показатели станка					$KПД_j$ , %
	$t_{mj}$ , с.	$P_j$ , кВт/с.	$P_{cj}^n$ , кВт/с.	$\Delta E_j$ , кВт	$\Delta E_{nj}$ , кВт	
Обеспечивает энергией выполнение 4-го перехода	38	1.23	2.25	46.74	85.50	54.67
Обеспечивает энергией выполнение 7-го перехода	35	0.21	1.05	7.35	36.75	20.00
Обеспечивает энергией выполнение 8-го перехода	33	1.23	2.25	40.59	74.25	54.67
Обеспечивает энергией выполнение 9-го перехода	17	0.65	1.85	11.05	31.45	35.14
Обеспечивает энергией выполнение 10-го перехода	42	0.21	1.05	8.82	44.10	20.00
Обеспечивает энергией выполнение 11-го перехода	16	0.60	1.80	9.60	28.80	33.33
Обеспечивает энергией выполнение 12-го перехода	29	1.23	2.25	35.67	65.25	54.67
Обеспечивает энергией выполнение 13-го перехода	41	0.21	1.05	8.61	43.05	20.00
Обеспечивает энергией выполнение 14-го перехода	25	1.23	2.25	30.75	56.25	54.67
Обеспечивает энергией выполнение 15-го перехода	32	0.65	1.85	20.80	59.20	35.14
Обеспечивает энергией выполнение 17-го перехода	24	0.21	1.05	5.04	25.20	20.00
Обеспечивает энергией	10	0.21	1.05	2.10	10.50	20.00

выполнение 18-го перехода						
Обеспечивает энергией выполнение 19-го перехода	17	0.62	1.82	10.54	30.94	34.07
Обеспечивает энергией выполнение 21-го перехода	81	0.21	1.05	17.01	85.05	20.00
Обеспечивает энергией выполнение 22-го перехода	25	0.80	2.00	20.00	50.00	40.00
Обеспечивает энергией выполнение 23-го перехода	37	0.80	2.00	29.60	74.00	40.0
Итого:	502	-	-	304.27	800.29	38.02

Сводные значения энергетических показателей сборщика (табл. 3) и энергетических показателей станка для сборки покрышек (табл. 9) по технологическим переходам сборки покрышки типоразмера 260-508 и на покрышку в целом приведены в табл. 10.

**Таблица 10. Энергетические показатели ТС операций сборки покрышек по технологическим переходам и на покрышку в целом**

Номер перехода	Энергетические показатели сборщика покрышек				Энергетические показатели станка для сборки покрышек					
	Кт	$t_v$ , с.	$P_{ci}$ , Дж/с	$\Delta E_{ci}$ , кДж	$t_{mj}$ , с.	$P_j$ , кДж/с	$P_{cj}^n$ , кДж/с	$\Delta E_j$ , кДж	$\Delta E_{nj}$ , кДж	$KПД_j$ %
1-й	16	17	174	2.96	-	-	-	-	-	-
2-й	16	3	174	0.52	-	-	-	-	-	-
3-й	16	32	174	5.57	-	-	-	-	-	-
4-й	-	-	-	-	38	1.23	2.25	46.74	85.50	54.67
5-й	16	16	174	2.78	-	-	-	-	-	-
6-й	16	16	174	2.78	-	-	-	-	-	-
7-й	16	35	174	6.09	35	0.21	1.05	7.35	36.75	20.00
8-й	-	-	-	-	33	1.23	2.25	40.59	74.25	54.67
9-й	-	-	-	-	17	0.65	1.85	11.05	31.45	35.14
10-й	16	42	174	7.31	42	0.21	1.05	8.82	44.10	20.00
11-й	-	-	-	-	16	0.60	1.80	9.60	28.80	33.33
12-й	-	-	-	-	29	1.23	2.25	35.67	65.25	54.67
13-й	16	41	174	7.13	41	0.21	1.05	8.61	43.05	20.00
14-й	-	-	-	-	25	1.23	2.25	30.75	56.25	54.67
15-й	-	-	-	-	32	0.65	1.85	20.80	59.20	35.14
16-й	16	17	174	2.96	-	-	-	-	-	-
17-й	2a	24	232	5.57	24	0.21	1.05	5.04	25.20	20.00
18-й	16	10	174	1.74	10	0.21	1.05	2.10	10.50	20.00
19-й	16	17	174	2.96	17	0.62	1.82	10.54	30.94	34.07
20-й	2a	20	232	4.64	-	-	-	-	-	-
21-й	2a	81	232	18.79	81	0.21	1.05	17.01	85.05	20.00

22-й	-	-	-	-	25	0.80	2.00	20.00	50.00	40.00
23-й	-	-	-	-	37	0.80	2.00	29.60	74.00	40.00
24-й	16	19	174	3.31	-	-	-	-	-	-
25-й	16	6	174	1.04	-	-	-	-	-	-
26-й	26	34	291	9.89	-	-	-	-	-	-
Итого	-	430	-	86.00	502	-	-	304.27	800.29	38.02

На основе приведенных в табл. 10 данных, следует отметить:

- полезные энергозатраты сборщика на сборку одной покрышки составили 86 кДж;
- полезные энергозатраты станка на сборку одной покрышки составили 304.27 кДж;
- полные энергозатраты станка на сборку одной покрышки составили 800.29 кДж;
- средний КПД станка составил 38.02 %. Диапазон изменения значений КПД станка по машинно-ручным и машинным переходам сборки покрышки составил от 20 до 55 %.

#### 4.11. Оценка полезных и полных энергозатрат ТС операций на сборки одной покрышки

Полезные энергозатраты ТС операций на сборку одной покрышки можно определить по формуле:

$$\Delta E^{ум} = \Delta E_{ч}^{ум} + \Delta E_{м}^{ум} \quad (9)$$

где

$\Delta E^{ум}$  – полезные энергозатраты ТС операций на сборку одной покрышки, кДж/шт.

Подставим значения полезных и полных энергозатрат компонентов ТС операций сборки покрышек в формулу (9) и получим

$$\Delta E^{ум} = 86.0 + 304.27 = 390.27 \text{ кДж/шт.}$$

Полные энергозатраты ТС операций на сборку одной покрышки можно определить по формуле:

$$\Delta E_{н}^{ум} = \Delta E_{нч}^{ум} + \Delta E_{нм}^{ум} \quad (10)$$

где

$\Delta E_{н}^{ум}$  – полные энергозатраты ТС операций на сборку одной покрышки, кДж/шт.;

$\Delta E_{нч}^{ум}$  – полные энергозатраты сборщика на одной сборку покрышки, кДж/шт.;

$\Delta E_{нм}^{ум}$  – полные энергозатраты станка на сборку одной покрышки, кДж/шт.

Полные энергозатраты сборщика можно определить по формуле

$$\Delta E_{нч}^{ум} = \Delta E_{ч}^{ум} / КПД_{ч} \quad (11)$$

где

$КПД_{ч}$  – коэффициент полезного действия человека. При физическом труде человека коэффициент полезного действия колеблется от 16 до 25% и составляет в среднем 20% [8]. Примем коэффициент полезного действия сборщика при сборке покрышек в размере 20%.

Подставим значения показателей в формулу (11) и получим

$$\Delta E_{нч}^{ум} = 86 / 0.20 = 430.0 \text{ кДж/шт.}$$

Подставим значения полных энергозатрат компонентов ТС операций в формулу (10) и получим

$$\Delta E_{н}^{ум} = 430.0 + 800.29 = 1230.29 \text{ кДж/шт.}$$

Средний коэффициент полезного действия ТС операций сборки покрышек определяется по формуле

$$КПД_{мс} = \Delta E^{ум} / \Delta E_{н}^{ум} \quad (12)$$

Подставим в формулу (12) значения полезных и полных энергозатрат ТС и получим



$$KПД_{mc} = 390.27 / 1230.39 = 0.317 \text{ (31.7\%)}$$

Установленные выше энергетические показатели ТС операций сборки покрышек необходимы для оценки ее основных социально-экономических показателей. К числу таких показателей можно отнести: временной и энергетический уровень механизации живого труда; временной и энергетический уровень механизации средств технологического оснащения; производительность ТС операций сборки покрышек; экономическую производительность станка (станка с барабаном для сборки покрышек); трудоемкость работ, замещаемых применением станка за средний ресурс до его капитального ремонта; стоимость рабочей силы, замещаемой применением станка за средний ресурс до его капитального ремонта и предельную цену средства технологического оснащения ТС операций сборки покрышек (станка с барабаном).

#### 4.12. Оценка уровня механизации ТС операций сборки покрышек

В соответствии с ГОСТ 23004-78 [9] технологические операции и состоящие из них системы, в первую очередь, технологические процессы, могут быть выполнены за счет энергии только людей или при совместном использовании энергии людей и энергии неживой природы, получаемой в результате действия сил тяжести, электрических магнитных и ядерных сил и т.д. либо при использовании только энергии неживой природы. Степень использования энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях характеризуется понятиями «механизация» или «автоматизация» технологического процесса.

По ГОСТ 23004-78 «Механизация технологических процессов означает применение энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях, полностью управляемых людьми, осуществляемое в целях сокращения трудовых затрат, улучшения условий производства, повышения объема выпуска и качества продукции». «Автоматизация технологических процессов означает применение энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях для выполнения и управления ими без непосредственного участия людей, осуществляемое в целях сокращения трудовых затрат, улучшения условий производства, повышения объема выпуска и качества продукции».

При механизации (автоматизации) технологического процесса происходит:

- изменение или замена средств технологического оснащения с выполнением требований безопасности труда;
- изменение, обычно сокращение объемов труда людей.

Поэтому при анализе в оценке механизации или автоматизации технологического процесса рассматривают каждый компонент:

- механизацию (автоматизацию) средств технологического оснащения;
- механизацию (автоматизацию) живого труда.

Так как при сборке покрышки типоразмера 260-508 используется энергия сборщиков и энергия станка для сборки покрышек, представляющая собой электрическую энергию (энергию неживой природы), то следует произвести анализ и оценку состояния механизации технологической операции сборки покрышки.

Согласно ГОСТ 23004-78 для оценки состояния механизации технологических процессов применяются следующие основные показатели:

- временной уровень механизации живого труда и энергетический уровень механизации живого труда;
- временной и энергетический уровень механизации средств технологического оснащения.

Временной уровень механизации живого труда ТС операций сборки покрышек определяется отношением неперекрытого машинного времени к штучному времени. Количественно этот показатель определяется по формуле

$$d_t = t_m^n / T^{umm} \quad (13)$$

где

$d_t$  – временный уровень механизации живого труда;

$t_m^n$  – неперекрытое машинное время, с.

Неперекрываемое машинное время – это машинное время выполнения машинных переходов (4, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 22, 23) технологической операции. При сборке покрышки оно составляет

$$t_m^n = 38+33+17+16+29+25+32+25+37=252 \text{ с.}$$

Штучное время сборки покрышки определяется как величина обратная производительности ТС операций сборки покрышек по формуле

$$T^{um} = 3600 / \Pi_t^q \quad (14)$$

где

3600 – время одного часа, выраженное в секундах, с/ч.

Подставим полученные данные в формулу (14) и получим

$$T_{um} = 3600 / 5.18 = 695 \text{ с.}$$

Временной уровень механизации живого труда составит

$$d_m^n = 252/695=0.363 \text{ (36.3\%)}$$

Энергетический уровень живого труда определяется отношением полезных затрат энергии неживой природы в течение неперекрываемого машинного времени к сумме полезных затрат энергии неживой природы и людей в течение штучного времени по формуле

$$\Omega_m^n = \Delta E_m^n / (\Delta E_m^{um} + \Delta E_q^{um}) \quad (15)$$

Полезные энергозатраты станка по машинным переходам (4,8,9,11,12,14,15,22,23) в течение неперекрываемого машинного времени (см. табл. 13) составляют

$$\Delta E = 46.74 + 40.59 + 11.05 + 9.60 + 35.67 + 30.75 + 20.80 + 20.00 + 29.60 = 244.8 \text{ кДж/шт.}$$

Суммарные полезные энергозатраты станка и сборщика (по данным табл. 13) составляют

$$\Delta E_m^{um} + \Delta E_q^{um} = 304.27 + 86.00 = 390.27 \text{ кДж/шт.}$$

Подставим полученные значения показателей в формулу (15) и получим значение энергетического уровня механизации живого труда

$$\Omega_m^n = 244.80 / 390.27 = 0.627 \text{ (62.7\%)}$$

#### 4.13. Оценка уровня механизации средств технологического оснащения (станка с барабаном)

Временной уровень механизации средств технологического оснащения представляет собой отношение полезных затрат энергии неживой природы в течение полного машинного времени к сумме полезных затрат энергии неживой природы и людей в течение штучного времени и определяется по формуле

$$d_m^n = t_m^n / T^{um} \quad (16)$$

где

$d_m^n$  – временной уровень механизации средств технологического оснащения;

$t_m^n$  – полное машинное время, с.

Полное машинное время – это время выполнения машинных и машинно-ручных переходов (4, 7, 8, 9,10,11,12,13,14,15,17,18,19, 21, 22, 23) сборки покрышки (по данным табл. 3) составляет

$$t_m^n = 38+35+33+17+42+16+29+41+25+32+24+10+17+81+25+37 = 502 \text{ с.}$$

Подставим полученные значения показателей в формулу (16) и получим значение временного уровня средств технологического оснащения ТС операций сборки покрышек

$$d_m^n = 502/695 = 0.722 \text{ (72.2 \%)}$$

Энергетический уровень механизации средств технологического оснащения представляет собой отношение полезных затрат энергии неживой природы в течение полного машинного времени к сумме полезных затрат энергии неживой природы и людей в течение штучного времени. Этот показатель определяется по формуле

$$\Omega_m^n = \Delta E_m^n / (\Delta E_m^{um} + \Delta E_q^{um}) \quad (17)$$

где

$\Omega_m^n$  – энергетический уровень механизации средств технологического оснащения;

$\Delta E_m^n$  – полезные затраты энергии средств технологического оснащения в течение полного машинного времени, кДж/шт.

Полезные затраты энергии средств технологического оснащения по машинным и машинно-ручным переходам (4, 7, 8, 9,10,11,12,13,14,15,17,18,19, 21, 22, 23) в течение полного машинного времени (по данным табл. 13) составляют

$$\Omega_m^n = 46.74+7.35+40.59+11.05+35.67+8.61+30.75+20.80+ \\ +5.04+2.10 +10.54+20.00+29.60 = 268.84 \text{ кДж/шт.}$$

Подставим полученные значения показателей в формулу (17) и получим значение энергетического уровня механизации средств технологического оснащения ТС операций сборки покрышек

$$\Omega_m^n = 268.84 / 390.27 = 0.689 \text{ (68.9\%)}$$

Показатели временной и энергетический уровень механизации живого труда характеризуют степень замещения человека средствами технологического оснащения (машиной) в технологическом процессе и являются социально значимыми показателями.

В технологической операции сборки покрышки временной уровень механизации живого труда составляет 33.6%, а энергетический уровень механизации живого труда – 62.7 %. Превышение значения энергетического уровня над временным уровнем механизации живого труда составляет 1.87 раза.

Энергетический уровень в сравнении с временным уровнем механизации живого труда полнее отражает состояние механизации технологической операции, так как содержит больше составляющих при ее оценке.

Показатели временной и энергетический уровень механизации средств технологического оснащения (станка с барабаном) характеризуют степень их механизации. Временной уровень механизации средств технологического оснащения ТС операций сборки покрышек (72.2 %) выше энергетического уровня (68.9 %) на 4.7% и несколько превышает оценку механизации средств технологического оснащения.

В целом можно отметить, что применение энергетических показателей в оценке уровня механизации живого труда и средств технологического оснащения дает более достоверные результаты, чем при применении временных показателей.

#### **4.14. Оценка производительности ТС операций сборки покрышек при исчислении её по энергетическому режиму функционирования сборщика**

Рассматривая в табл. 10 функциональную нагрузку сборщика покрышек, можно заметить, что из 26 переходов сборки покрышки 17 переходов выполняются с участием сборщика и связаны с растратой физической энергии. Отсюда можно заключить, что производительность сборочной системы ограничивается энергетическими возможностями сборщика покрышек.

Исходя из установленного уровня энергозатрат сборщика и потребных энергозатрат его на сборку одной покрышки, можно рассчитать ожидаемый уровень штучной производительности ТС операций сборки покрышек.

Если нормативный уровень часовых энергозатрат сборщика будет установлен на уровне предельно допустимых часовых энергозатрат человека, то часовая производительность сборочной системы может быть рассчитана по формуле:

$$P^ч = \Delta E_ч^ч / \Delta E_ч^{ум} \quad (18)$$

где

$P^ч$  – предельная (максимальная) часовая производительность ТС операций сборки покрышек, исчисленная по максимальному энергетическому режиму функционирования сборщика, шт/ч;

$\Delta E_ч^ч$  - уровень предельно допустимых часовых затрат человека, обслуживающего

производственное оборудование, кДж/ч. Принимается равным 1046,7 кДж/ч (250 ккал/ч) [6].

В формуле (18) используются только полезные энергозатраты сборщика на сборку одной покрышки, а не полные его энергозатраты, так как учитывались энергозатраты организма человека на выполнение им работы соответствующей категории тяжести.

Для оценки максимальной часовой производительности ТС операций сборки покрышек подставим значения предельного уровня допустимых энергозатрат сборщика и затраты его на сборку покрышки (табл. 13) в формулу (18) и получим

$$B = 1046,7 / 86 = 12,17 \text{ шт/ч.}$$

Однако такой уровень производительности ТС может быть достигнут на сборочных станках, обслуживаемых сборщиками, владеющими передовыми приёмами и методами труда. Основная же масса сборочных систем будет функционировать в сфере эксплуатации с производительностью ниже максимальной. Её уровень будет зависеть от среднего уровня энергозатрат сборщиков, который сложился в действующем сборочном производстве. Представление об этом уровне могут дать результаты исследования физиологами труда сборочных процессов и их практические рекомендации к конкретному шиносборочному производству. При наличии таких данных средняя производительность сборочной системы может быть рассчитана по формуле:

$$P_{cp}^ч = \Delta E_{cp}^ч / \Delta E_{ч}^{ум} \quad (19)$$

где

$P_{cp}^ч$  - средняя часовая производительность ТС операций сборки покрышек, исчисленная по среднему энергетическому режиму функционирования сборщика, шт/ч;

$\Delta E_{cp}^ч$  - средний уровень часовых энергозатрат сборщика, установленный по рекомендациям физиологов труда, кДж/ч (ккал/ч).

Из-за отсутствия конкретных рекомендаций физиологов труда по сборочному производству покрышек можно принять средний уровень часовых энергозатрат человека равным 628 кДж/ч (150 ккал/ч). Этот уровень выбран на основе общих рекомендаций физиологов труда, согласно которым человеку необходимо затрачивать на мышечную деятельность не менее 1200 – 1300 ккал/сутки. Для сборщиков покрышек такие затраты могут быть установлены при их работе за смену.

Для определения среднего уровня часовой производительности ТС подставим в формулу (19) значения среднего уровня часовых энергозатрат сборщика и уровня затрат сборщика на сборку покрышки и получим

$$P_{cp}^ч = 628 / 86 = 7,3 \text{ шт/ч.}$$

Однако в теории и практике машиностроительного и шинного производства используется система нормирования труда, на основе которой устанавливается норма времени на единицу продукции и норма выработки продукции за определенный промежуток рабочего времени.

Эти показатели устанавливаются на основе фиксации, изучения и анализа затрат рабочего времени на изготовление единицы продукции и временного ресурса труда рабочего, т.е. устанавливаются по временному режиму труда работника.

Система нормирования труда сборщиков покрышек применяется в полимерном машиностроении при производстве станков для сборки покрышек и установлении в их нормативно-технической документации показателя «Производительность станка».

Однако такой показатель не относится непосредственно к станку для сборки покрышек, а относится к системе (ТС операций сборки покрышек), так как без сборщика, предметов производства и электрической энергии (для функционирования станка) невозможно осуществления процесса сборки покрышек. В этой связи рассчитаем производительность ТС операций сборки покрышек по временному режиму труда сборщика.

#### 4.15. Оценка производительности ТС операций сборки покрышек по временному режиму труда сборщика

Для условий массового производства производительность ТС операций сборки покрышек в смену определяется по формуле:

$$P_t^{cm} = (3600 \cdot T_{cm} - C) / T_{on} \quad (20)$$

где

$P_t^{cm}$  - производительность ТС операций сборки покрышек в смену, установленная по временному режиму труда сборщика, шт/смену;

$T_{cm}$  - продолжительность смены, ч. Для сборочных цехов шинных предприятий  $T_{cm} = 8$  ч.

$T_{on}$  – оперативное время сборки одной покрышки, с. По данным табл. 1,  $T_{on} = 682$  с.

$C$  - суммарное время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности.

Для условий массового производства покрышек в сборочных цехах шинных предприятий  $C = 530$  с./смену.

$$P_t^{cm} = (3600 \cdot 8 - 530) / 682 = 41.45 \text{ шт./смену}$$

Часовая производительность ТС операций сборки покрышек может быть рассчитана по формуле:

$$P_t^q = P_t^{cm} / T_{cm} \quad (21)$$

где

$P_t^q$  – часовая производительность ТС операций сборки покрышек, установленная по временному режиму труда сборщика покрышек, шт./ч.

Подставим значения  $P_t^{cm}$  и  $T_{cm}$  в формулу (21) и получим

$$P_t^q = 41.45 / 8 = 5.18 \text{ шт./ч.}$$

Полученное значение производительности ТС операций сборки покрышек, исчисленное по временному режиму труда сборщика, ниже, чем по энергетическому режиму его труда.

Для оценки уровня энергозатрат сборщика при установлении часовой производительности ТС операций сборки покрышек по временному режиму труда сборщика можно оценить его энергозатраты и сравнить их с уровнем предельных и средних энергозатрат.

#### 4.16. Оценка энергозатрат сборщика при установлении производительности ТС операций сборки покрышек по временному режиму его труда

Часовые энергозатраты сборщика покрышек при установлении производительности ТС операции сборки покрышек по временному режиму его труда определяются по формуле:

$$\Delta E_q^q = P_t^q \cdot \Delta E_q^{um} \quad (22)$$

Подставим полученные значения  $P_t^q$  и  $\Delta E_q^{um}$  в формулу (13) и получим

$$\Delta E_q^q = 5.18 \cdot 86 = 445.48 \text{ кДж/ч.}$$

После определения часовых энергозатрат сборщика покрышек необходимо произвести их сравнение с предельно допустимыми энергозатратами (1046,7 кДж/ч) и средними энергозатратами (628 кДж/ч) и тем самым оценить уровень тяжести труда сборщика покрышек.

Результаты расчёта показывают, что часовые энергозатраты сборщика покрышек (445.48 кДж/ч) ниже средних (628 кДж/ч) и предельно допустимых (1046.7 кДж/ч).

Следует отметить, что на период освоения работы на созданном станке для сборки покрышек целесообразно установить производительность сборочной системы по временному режиму функционирования, а в дальнейшем стремиться к установлению производительности сборочной системы по среднему уровню энергозатрат сборщика покрышек.

Предельный уровень энергозатрат передовиков сборочного производства не должен превышать 1046,7 кДж/ч и соответствующая этому уровню энергозатрат производительность ТС операций сборки покрышек не должна быть выше установленной по формуле (9), т.е. 12,17 шт/ч. Превышение передовыми сборщиками предельно допустимого уровня энергозатрат ведет к преждевременному изнашиванию организма и, как следствие, к возможной утрате трудоспособности сборщика.

Нормировщики сборочных цехов шинных предприятий совместно с физиологами труда должны осуществлять постоянный контроль энергозатрат сборщиков с целью недопущения перегрузок и установления равнонапряженных норм выработки продукции (производительности ТС), т.е. равных по уровню энергозатрат.

Показатель «производительность» в техническом смысле широко применяется в технической и экономической литературе (цикловая, техническая, штучная, энергетическая производительность и т.п.), а также в нормативно-технической документации ряда рабочих машин и оборудования. Часто эти показатели используются при оценке технического уровня и качества рабочих машин и оборудования и оценке уровня их предельных цен.

Однако использования показателя производительность рабочих машин в техническом смысле при оценке удельных показателей (удельная трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость, себестоимость и т.п.) при повышении степени механизации технологических процессов или операций приводит к искажению результатов оценки технического уровня и качества рабочих машин и оборудования.

Тот факт, что применение машин приводит к вытеснению из производства рабочей силы является неоспоримым и не требует доказательств. Еще К. Маркс в качестве иллюстрации производительности машин отмечал, что «паровая машина при паровом плуге совершает в 1 час за 3 пенса, или за 1/4 шилл., столько работы, сколько 66 человек за 15 шилл. в час» [10, с. 403].

Таким образом, в экономическом смысле под производительностью машин следует понимать количество работников, замещаемых их применением.

Для отличия содержания этого показателя от содержания технической производительности его можно назвать экономической производительностью машины [11] и, в данном случае - «экономической производительностью станка». Под словом «станок» понимается средства технологического оснащения ТС операций сборки покрышек, состоящий из станка и барабана.

#### 4.17. Оценка экономической производительности станка

В широком понимании под производительностью станка для сборки покрышек в экономическом смысле (экономической производительностью станка) следует понимать абсолютное количество работников, высвобождаемых из процесса сборки покрышек вследствие замещения их станком.

При использовании энергетического подхода численность высвобожденных из процесса сборки покрышек работников (сборщиков) следует оценивать по энергетическому замещению станком трудовых энергетических функций сборщика при одинаковых временных режимах их работы.

Численное значение экономической производительности станка следует определять по соотношению полезных энергозатрат станка и нормативных энергозатрат сборщика, высвобождаемого применением станка.

Экономическая производительность станка за часовой промежуток времени рассчитывается по формуле

$$\mathit{ЭП}_m^ч = \mathit{П}^ч \cdot \Delta E_m^{ум} / \Delta E_{ср}^ч \quad (23)$$

где

$\mathit{ЭП}_m^ч$  – экономическая производительность станка для сборки покрышек.

На основе полученных выше значений показателей рассчитаем экономическую производительность станка

$$\mathit{ЭП}_m^ч = 5.12 \text{ шт} / \text{ч} \cdot 390.27 \text{ кДж} / \text{шт} \cdot \text{ маш} / 628 \text{ кДж} / \text{ чел} \cdot \text{ ч} = 3.1818 \text{ чел-ч} / \text{ маш-ч}.$$

Замещение сборщика станком в технологическом процессе сборки покрышек осуществляется до наступления предельного состояния станка, т.е. до выработки ресурса до капитального ремонта. С экономической точки зрения такое замещение представляет собой трудоёмкость сборочных работ, замещаемых станком за средний ресурс до его капитального ремонта.

Трудоёмкость сборочных работ (функций), замещаемых станком за средний ресурс до его капитального ремонта, рассчитывается по формуле

$$T_{чм}^{рк} = ЭП_{м}^ч \cdot T_{рк} \quad (24)$$

где

$T_{рк}$  - средний ресурс до капитального ремонта станка.  $T_{рк} = 30000$  ч (по данным нормативно-технической документации на станок для сборки покрышек).

Поставим значения показателей  $ЭП_{м}^ч$  и  $T_{рк}$  в формулу (20) и получим

$$T_{ч}^{рк} = 3.1818 \cdot 30000 = 95454.57 \text{ чел-ч/ресурс (95455 чел/ресурс)}$$

Следует отметить, что показатели  $ЭП_{м}^ч$  и  $T_{ч}^{рк}$  являются своеобразными социально-экономическими константами, характеризующими функциональную полезность станка. Они позволяют сравнить по степени полезности любые виды станков для сборщика покрышек, а также и других рабочих машин и оборудования независимо от их вида, назначения и продукции, производимой с их помощью.

Кроме того, показатель «экономическая производительность машины» является коэффициентом перевода машиноёмкости (станкоёмкости) в трудоёмкость.

Показатели экономическая производительность машины и трудоёмкость работ, замещаемых машиной за средний ресурс до ее капитального ремонта, могут быть использованы для оценки экономической целесообразности применения машины в общественном производстве.

Анализируя роль машин в общественном производстве, К. Маркс писал: «Если рассматривать машины исключительно как средство удешевления продукта, то граница их применения определяется тем, что труд, который стоит их производство, должен быть меньше труда, который замещается их применением» [11, с. 404]. Исходя из этого положения, можно устанавливать границу стоимости производства машины или, иначе, предельную стоимость (цену) машины.

Труд, замещаемый машиной в сфере ее применения, определяется путем осуществления стоимостной оценки показателя «трудоёмкость работ, замещаемых машиной за средний ресурс до ее капитального ремонта». Иначе говоря, это стоимость рабочей силы, замещаемой применением машины за средний ресурс до ее капитального ремонта. Такая оценка и может служить в качестве критерия предельной цены для потребителя машин, хотя и не в полной мере.

Стоимость рабочей силы, замещаемой применением машины за средний ресурс до ее капитального ремонта, может быть рассчитана по формуле

$$C_{рс}^{рк} = ЗП_{ч} \cdot K_{д} \cdot K_{от} \cdot T_{ч}^{рк} \quad (24)$$

где

$C_{рс}^{рк}$  – стоимость рабочей силы, замещаемой применением машины за средний ресурс до ее капитального ремонта;

$ЗП_{ч}$  – часовая основная заработная плата работника, замещаемая применением машины;

$K_{д}$  – коэффициент, учитывающий, дополнительную заработную плату;

$K_{от}$  – коэффициент, учитывающий отчисления в социальные фонды.

Так как в сфере применения машины возникают затраты на ее содержание и эксплуатацию, то при определении предельной стоимости машины эти затраты необходимо вычесть из стоимости рабочей силы, замещаемой машиной за средний ресурс до ее капитального ремонта. Кроме того, необходимо вычесть также транспортные расходы и расходы на монтаж станка.

Тогда предельная стоимость машины может быть определена по формуле

$$Ц_{м}^{пк} = C_{рс}^{рк} - P_{мз} - З_{сз} \quad (25)$$

где

$C_m^{np}$  – предельная стоимость (цена машины) для потребителя;

$T_{мз}$  – транспортно-заготовительные и монтажные расходы;

$Z_{сэ}$  – затраты на содержание и эксплуатацию машины за средний ресурс до ее капитального ремонта.

#### 4.18. Оценка предельной цены станка для сборки покрышек

Формирование и оценка предельной цены создаваемого станка для сборки покрышек имеет важное социально – экономическое значение, как для машиностроителей, так и для шинных предприятий, так как основывается на законе целесообразности применения машин в производстве.

Потребности шинных предприятий в станках для сборки покрышек чаще всего удовлетворяются поставками опытных образцов или установочных партий, что свидетельствует о единичном и мелкосерийном характере их производства.

При иллюстрации определения предельной стоимости станка для сборки покрышек введены следующие допущения: 1) транспортно-заготовительные и монтажные расходы не учитываются; 2) затраты на содержание и эксплуатацию станка представлены только затратами за электроэнергию за средний ресурс до его капитального ремонта.

Тогда предельная цена опытного образца станка (станка в установочной партии) может быть рассчитана по формуле:

$$C_m^{pk} = C_{pc}^{pk} - \mathcal{E}_m^{pk} \quad (26)$$

где

$C_m^{np}$  – предельная цена изготовления опытного образца станка (станка в установочной партии);

$\mathcal{E}_m^{pk}$  – затраты на электроэнергию за средний ресурс до капитального ремонта станка.

Определим по формуле (21) стоимость рабочей силы, замещаемой применением станка за средний ресурс до его капитального ремонта

$$C_{pc}^{pk} = (25000/176) \cdot 1.18 \cdot 1.302 \cdot 95454.57 = 20828187 \text{ руб.} (20828 \text{ тыс. руб.})$$

где

25000 руб./мес. – среднемесячная основная заработная сборщика покрышек (по данным ряда шинных предприятий в 2013 г.);

176 ч/мес. – месячный фонд времени работы сборщика покрышек, ч.;

1.18 – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату сборщика покрышек;

1.302 – коэффициент, учитывающий отчисления в социальные фонды (30.2% - общий норматив отчислений в социальные фонды в 2013 г.)

Определим расходы на оплату электрической энергии за средний ресурс до капитального ремонта станка по формуле

$$\mathcal{E}_m^{pk} = C_{э}^ч \cdot \Delta E_m^{um} \cdot П^ч \cdot T_{pk} / 3600 \quad (27)$$

где

$C_{э}^ч$  – средняя тарифная ставка на электрическую энергию, руб./МВт-ч. Принимается по данным энергосбытовых организаций, поставляемых электрическую энергию для промышленных предприятий России на 2013 г. в среднем в размере 1950 руб./МВт-ч.

(1.95 руб./кВт-ч.);

3600 – коэффициент перевода кДж в кВт-ч.

Подставим полученные значения показателей в формулу (24) и получим

$$\mathcal{E}_m^{pk} = 1.95 \cdot 800.29 \cdot 5.123 \cdot 30000 / 3600 = 66584 \text{ руб./ресурс}$$

Теперь определим предельную стоимость станка для сборки покрышек

$$C_m^{np} = 20828187 - 66584 = 20761.6 \text{ тыс. руб.} (20762 \text{ тыс. руб.}).$$

В указанную выше стоимость станка входит и стоимость барабана, который поставляется отдельно от станка, как средство технологического оснащения станка.



Если отпускная (договорная) цена станка с барабаном будет ниже предельной цены, то потребитель этого оборудования получит экономический эффект от применения этого оборудования за средний ресурс до его капитального ремонта. Если договорная цена будет установлена на уровне предельной цены, то всю прибыль (экономический эффект) от продажи оборудования получит его изготовитель.

По данным разработчика станков (ОАО НИИШИНМАШ) стоимость станков СПД 2-660-9009 в комплекте с барабаном составляет 10 млн. руб. (без НДС). Экономический эффект у шинного завода (потребителя), у которого заработная плата сборщиков покрышек составляет 25 тыс. руб./месяц, составит 10762 тыс. руб. за средний ресурс до капитального ремонта станка.

Следует отметить, что зарплата сборщиков покрышек существенно различается по регионам (от принятой выше в расчете), как в большую, так и меньшую сторону. В этой связи экономический эффект от применения исследуемой ТС операций сборки покрышек будет существенно различаться от приведенного выше значения.

Для обеспечения наглядности сведем результаты оценки основных показателей ТС операций сборки покрышек и ее компонентов в табл. 12.

**Таблица 12. Результаты оценки технических и социально-экономических показателей ТС операций сборки покрышек**

<b>Наименование показателя</b>	<b>Численное значение</b>
Полезные энергозатраты сборщика на сборку одной покрышки, кДж/шт.	86.0
Полные энергозатраты сборщика на сборку одной покрышки, кДж/шт.	430.0
Коэффициент полезного действия сборщика, %	20.0 (принят)
Полезные энергозатраты станка на сборку одной покрышки, кДж/шт.	304.27
Полезные энергозатраты ТС на сборку одной покрышки, кДж/шт.	800.29
Полные энергозатраты станка на сборку одной покрышки, кДж/шт.	1230.39
Коэффициент полезного действия станка, %	38.02
Коэффициент полезного действия ТС	31.7
Временной уровень механизации живого труда, %	36.3
Энергетический уровень механизации живого труда, %	62.7
Временной уровень механизации средств технологического оснащения, %	72.2
Энергетический уровень механизации средств технологического оснащения, %	68.9
Предельный уровень энергозатрат сборщика, кДж/ч.	1046.7
Средний (нормативный) уровень энергозатрат сборщика, кДж/ч.	628.0 (принят)
Производительность ТС, исчисленная по предельному уровню энергозатрат сборщика, шт./ч.	12.17
Производительность ТС, исчисленная по среднему уровню энергозатрат сборщика, шт./ч.	7.30
Производительность ТС, исчисленная временному режиму функционирования сборщика, шт./ч.	5.18
Экономическая производительность машинного компонента ТС, чел-ч/маш-ч.	3.1818
Трудоемкость работ, замещаемых машинным компонентом за средний ресурс до его капитального ремонта, чел-ч/ресурс	95455.0
Стоимость рабочей силы, замещаемой машинным компонентом за средний ресурс до его капитального ремонта, тыс. руб./ресурс	20828.0
Предельная стоимость машинного компонента ТС, тыс. руб.	20716.0

**Обобщая результаты оценки показателей ТС операций сборки покрышек на основе применения энергетического подхода, следует отметить:**

1. Применение энергетического подхода к оценке показателей технологических систем для сборки покрышек практически возможно и целесообразно при оценке основных технико-экономических показателей этих систем. Возможно его применение и при оценке показателей других технологических систем, в которых значительна доля ручного труда.
2. Оценку показателей технологических систем для сборки покрышек следует проводить как на стадии проектирования (особенно на этапе проведения приемочных испытаний), так и на стадии их применения (эксплуатации) в сборочном производстве.
3. Производительность технологических систем для сборки покрышек следует устанавливать на основе научно-обоснованного нормативного уровня энергозатрат сборщика покрышек в течение рабочего времени (час, смену).
4. Показатели «экономическая производительность машины» и трудоемкость работ, замещаемых машиной за средний ресурс до ее капитального ремонта» являются универсальными социально-экономическими константами. Они позволяют сравнивать машины различного класса, вида и назначения, так как не зависят от вида продукции производимой с их помощью.
5. Показатель «экономическая производительность машины» выражает коэффициент перевода машиноемкости (станкоемкости) в трудоемкость, а показатель «трудоемкость работ, замещаемых применением машины за средний ресурс до ее капитального ремонта» - экономию живого труда в сфере применения машин.
6. Показатель «стоимость рабочей силы, замещаемой применением машины за средний ресурс до ее капитального ремонта» является границей экономической целесообразности применения машин в общественном производстве. Этот показатель может служить в качестве предельной цены для потребителя рабочих машин и оборудования.
7. Предлагаемые в статье показатели должны найти свое применение в нормативно-технической и экономической документации на создание и освоение технологических систем для сборки покрышек, а также и других аналогичного вида технологических систем механического класса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мочулаев В.Е. Энергетический подход к проектированию технологических систем типа «человек – машина – предмет труда – источник энергии» // Академия Тринитаризма – М., Эл. № 77-6657, публ. 15882, 11.04.2010.
2. ГОСТ 27.004-85. Системы технологические. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 22954-78; Введен 01.07.86. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 13 с.
3. ГОСТ 3.1109-82. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий. – Взамен ГОСТ 3.1109-73; Введен 01.01.83. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 11 с.
4. Р.2.2.2006 – 05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда / Утверждено главным государственным врачом РФ 29.07.2005 г. Введено в действие с 1 ноября 2005 г.
5. Физиология человека / Под ред. А.Н. Крестникова. – М.: Медгиз, 1954. – 319 с.
6. ГОСТ 12.2.049-80. Оборудование производственное. Общие эргономические требования; Введен 01.01.1982. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 20 с.
7. ГОСТ 12.1.005-88. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. Взамен ГОСТ 12.1.005-76; Введен 01.01.1989. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
8. Физиология человека / Под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. – М.: Изд-во Медицина, 2007. – 656 с.
9. ГОСТ 23004-78. Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и приборостроении; Введен 01.01.1979. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 25 с.
10. Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. – М.: Политиздат, 1973. – 907 с.

11. Мочулаев В.Е. Методология и практика применения энергетического подхода в машиностроении. – Ярославль: Ярославский институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов химической и нефтехимической промышленности, 2003. – 133 с.

