**Лекция №3.** Определение критериев для оценки уровня автоматизации труда, машин и производства.

Определение качественного состава работников.

Оценка уровня механизации и автоматизации труда.

**Методы оценки уровня автоматизации труда, машин и производства**

Одна из основных задач инженеров, занимающихся автоматизацией производственных процессов, — определение ее оптимального или рационального уровня, при котором достигается максимальная эффективность. Поэтому не все существующие процессы и операции подлежат автоматизации. Оптимальный уровень автоматизации труда, машин и производства зависит от вида и специализации производства, технологии, технологичности конструкций выпускаемой продукции, экономической эффективности.

Высокий уровень комплексной автоматизации экономически оправдан для крупных специализированных предприятий с массовым изготовлением стабильной продукции (осей, колес, корпусов букс, подшипников, корпусов автосцепок, поглощающих аппаратов автосцепки и др.), отвечающей требованиям технологичности и унификации. Технологичной называют такую конструкцию, которая удовлетворяет техническим требованиям при заданном объеме выпуска продукции, принятой технологии и обеспечивает наименьшие затраты на производство изделий.

Чтобы повысить технологичность конструкции, снижают число деталей, упрощают их соединения, применяют прогрессивные материалы. Унификация размеров заготовок и изделий способствует уменьшению числа переналадок, определяя тем самым требования к гибкости автоматического оборудования.

Отдельные операции могут быть автоматизированы при любом масштабе и виде производства, если это обеспечивает социально-экономическую эффективность.

Приступая к созданию автоматических машин или процессов, необходимо проанализировать состояние производства, а именно:

-условия труда и квалификационный состав работников;

-уровень автоматизации (механизации);

-уровень технологии;

-оптимальные значения уровня автоматизации производства.

При анализе условий труда операторов оценивают их соответствие требованиям охраны труда, техники безопасности и эргономики. О квалификационном составе работников можно судить по уровню образования и стажу их работы. Такие показатели можно приближенно оценить по интегральному критерию:



Где *i* – уровень образования работника,

*i=1 - высшее*

*i=2 - среднее профессиональное*

*i=3 - среднее общее*

*i=4 - неполное среднее общее образование*

*Oi* – удельный вес работников с *i-м* образованием

*Li* – общая длительность получения образования,

*i1=16,5; i2=13; i3=11; i4=8, лет*

*li* – средний стаж работы с *i-м* образованием

Большее значение показателя *Y ,* вычисленное по формуле, отражает лучшее профессиональное качество состава работников.

Под *уровнем механизации и автоматизации* труда понимают степень замены ручного труда машинным при выполнении технологических операций, учитывающую качество применяемых машин.

Уровень механизации и автоматизации труда применительно к производственным участкам вагонных депо можно определять по формуле



где Rб – общее количество работ, предусмотренных технологическим процессом,

bi – коэффициент прогрессивности выполнения i работы с помощью рассматриваемых средств труда.



где mi – число операций, входящих в i работу, tмij и toij – машинное и общее время выполнения конкретной операции.

Для подбора комплектов оборудования вагоносборочного участка вагонного депо и удобства расчетов уровня механизации и автоматизации труда, в таблице приведены *ори­ентировочные* значения коэффициентов прогрессивности основных видов оборудования при ремонте полувагонов.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование работ | Наименование машины | Коэффициент прогрессивности |
| Поднять и опустить | Кран мостовой | 0,5 |
| кузов вагона | Тележка-манипулятор | 0,83 |
|  | Электродомкраты | 1 |
| Выкатить тележку | Электролебедка | 0,7 |
|  | Вручную | 0 |
| Сменить автосцепное | Тележка-подъемники гайковерт | 0,31 |
| устройство | Тележка-манипулятор и гайковерт | 0,25 |
|  | Устройство на поворотной консоли, кран и гайковерт | 0,35 |
|  | Кран мостовой и приспособление | 0,45 |
|  | Вручную с приспособлением | 0 |
| Выправить элементы | Правйльная машина, горелка, кувалда | 0,71 |
| кузова | Правильная машина, бензорез, кувалда | 0,82 |
|  | Правильная машина, кувалда, лом | 0,5 |
|  | Кран мостовой с приспособлением, горелка, кувалда | 0,67 |
|  | Кран мостовой с приспособлением, бензорез, кувалда | 0.77 |
|  | Кран мостовой с приспособлением.  кувалда | 0,46 |
| Сменить крышку люка | Кран мостовой с приспособлением | 0,35 |
|  | Кран мостовой (кузов перевернут) | 0,77 |
| Сменить дверь | Кран мостовой с приспособлением | 0,35 |
| Сменить элементы | Механизированные средства | 0,6 |
| кузова | Ручные и механизированные инструменты, электрогорн, клещи | 0,3 |
|  | Ручные инструменты и приспособления | 0 |
| Укрепить элементы | Механизированные инструменты | 0,4 |
| кузова | Ручные и механизированные инструменты | 0,21 |
|  | Ручные инструменты | 0 |
| Сменить пятник | Тележка-подъемник, ключ, бородок, молоток | 0,35 |
|  | Кран мостовой с приспособлением, механизированные инструменты (кузов перевернут) | 0,5 |
| Поджать элементы | Пресс, кувалда, лом | 0,3 |
| кузова | Правильная машина | 1 |
| Пригнать накладку | Ручные инструменты | 0 |
| Разделать трещину под | Пневмозубило, электродрель | 0,2 |
| электросварку | Резак, молоток | 0,64 |
|  | Ручные инструменты | 0 |
| Сварочные работы | Сварочный трансформатор | 0,3 |
|  | Сварочный полуавтомат | 0,7 |
|  | Сварочный трансформатор и сварочный полуавтомат | 0,5 |
| Автогенные работы | Газовый резак | 0,4 |
| Отремонтировать и испытать тормоз | Стенд, ручные инструменты | 0,4 |
| Окрасить вагон | Распылитель, кисть | 0,28 |
| Нанести знаки и над­писи | Распылитель, кисть | 0,28 |

Показатель уровня механизации и автоматизации труда позволяет исследовать влияние числа операций в технологи­ческом процессе и наборов механизмов и машин, применяемых на рабочем месте (ремонтной позиции), на прогрессивность технологии и численность рабочих:

Прогрессивность технологий определяем по формуле:

,

где А – годовой выпуск продукции, Ф – номинальный годовой фонд рабочего времени одного рабочего, То – трудоемкость ремонта объекта при существующем уровне автоматизации и механизации труда, gо – темп снижения трудоемкости при повышении уровня механизации и автоматизации труда (рекомендуется 0,25 чел-час/%).

 – фактический уровень механизации и автоматизации труда;

- планируемый уровень механизации и автоматизации труда.

*Уровень механизации и автоматизации производства* — - мера замещения машинами ручного труда и некоторых функций управления



где mz - число используемых машин;

mz=my\*Kз,

где my - число звеньев машин, Kз - коэффициент загрузки машин.

Кз=Тф/Тн,

где Тф – фактическое время работы машины в сутках, Тн – рабочее время за сутки.

В практических расчетах уровней автоматизации производства коэффициенты загрузки рекомендуется принимать в зависимости от звенности машины (табл.).

*Таблица* **Коэффициенты загрузки машин**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Звенность** | **0** | **1** | **2** | **3** | **3,5** | **4** | **4,25** | **4,5** | **4,75** | **5** |
| *К***,** | **0,3** | **0,4** | **0,5** | **0,7** | **0,8** | **0,85** | **0,9** | **0,93** | **0,95** | **0,97** |

*Уровень автоматизации производства* — мера замещения машинами функций управления в процессе преобразования и перемещения предметов труда.

Уровень автоматизации *Ка* производства можно определить по формуле



При выборе уровня автоматизации технологического процесса следует руководствоваться принципом необходимости. Повышение этого показателя не должно быть самоцелью. Показатель уровня автоматизации (уровня механизации и автоматизации) должен быть тесно связан с перспективными планами развития производства и повышения его эффективности.

Для анализа уровней автоматизации производства в производственных участках депо в таблицах приведены наиболее характерные виды оборудования вагоносборочного, тележечного, колесно-роликового участков и контрольного пункта автосцепки с указанием ориентировочных значений их звенности и коэффициентов загрузки.

**Характеристика оборудования вагоносборочного участка**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование машин | Звенность  машины | Коэффициент  загрузки |
| Вагономоечная машина | 3,5 | 0,8 |
| Вагоноремонтная машина | 3 | 0,7 |
| Пресс правки крышек люков | 2,5 | 0,6 |
| Мостовой кран | 3 | 0,7 |
| Кантователь кузова полувагона | 3,25 | 0,72 |
| Электролебедка выкатки тележек | 3 | 0,7 |
| Транспортер тележек |
| Поворотный круг тележек |
| Тяговый конвейер | 3,5 | 0,8 |
| Электродомкраты | 3 | 0,7 |
| Электрокар (электропогрузчик) |
| Сварочный трансформатор | 2 | 0,5 |
| Сварочный полуавтомат | 3,5 | 0,8 |
| Газосварочный аппарат | *2* | 0,5 |
| Стенд испытания тормозов |
| Подъемные площадки | 3 | 0,7 |
| Пресс сжатия поглощающего аппарата | 2 | 0,5 |
| Ручной механизированный инструмент |
| Электронагреватель заклепок |
| Тслсжка-подъемник с гайковертом |
| Тележка для смены пятника |
| Приспособление смены крышек люков |
| Трубогибочный станок | 1 | 0,4 |
| Краскораспылитель | 2 | 0,5 |

**Характеристика оборудования тележечного участка**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование машин | Звенность | Коэффициент  загрузки |
| Моечная машина | 3,5 (4) | 0,8 (0,85) |
| Стенд разборки тележек | 2 | 0,5 |
| Кантователь надрессорной балки | 2,25 | 0,55 |
| Кантователь боковой рамы | 2 | 0,5 |
| Стенд рассверловки боковин | 3 | 0,7 |
| Электронагреватель заклепок | 2 | 0,5 |
| Скоба клепальная |
| Сварочный трансформатор |
| Сварочный полуавтомат | 3,5 | 0,8 |
| Конвейер | 3,5 | 0,8 |
| Кран-балка | 3 | 0,7 |
| Верстак слесарный | 1 | 0,5 |
| Трансбордер (поворотный круг) | 3 | 0,5 |
| Стенд испытания триангслей | 3 | 0,7 |
| Приспособление восстановления резьбы |
| Конвейер ремонта триангелей |
| Кантователь соединительной балки (СБ) |
| Приспособление для СБ | 2,5 | 0,6 |
| Газосварочный аппарат | 2 | 0,5 |
| Автоматизированная система контроля тележек (боковых рам и надрессорных балок) | 4 | 0,85 |
| Автоматизированная система контроля и испытания пружин | 4 | 0,85 |
| Установка для дефектоскопии боковых рам | 3 | 0,7 |

**Характеристика оборудования колесно-роликового участка**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование машины | Звенность | Коэффициент  загрузки |
| Колесотокарный станок-автомат | 4 | 0,85 |
| Колесотокарный станок-полуавтомат | 3,5 | 0,8 |
| Колесотокарный станок | 3 | 0,7 |
| Моечная машина для колесных пар | 3,5 | 0,8 |
| Установка очистки колесных пар | 3 | 0,7 |
| Установка дефектоскопии колесной пары |
| Установка измерения колесной пары | 2,5 | 0,6 |
| Стенд демонтажа букс | 3 | 0,7 |
| Стенд монтажа букс |
| Машина обмывки подшипников | 3,5 | 0,8 |
| Машина обмывки корпусов | 4 | 0,85 |
| Подъемно-поворотное устройство | 3,25 | 0,72 |
| Кран-балка | 3 | 0,7 |
| Толкатель |
| Дефектоскоп для колец | 2 | 0,5 |
| Электропечь | 3 | 0,7 |
| Индукционный нагреватель | 2,5 | 0,6 |
| Стенд диагностики роликовых подшипников | 3,5 | 0,8 |
| Автоматический стенд для ультразвуковой дефектоскопии колесных пар | 4 | 0,85 |
| Автоматизированная система контроля геометрических параметров колесных пар | 4 | 0,85 |

**Характеристика оборудования контрольного пункта автосцепки**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование машины | Звенность | Коэффициент  загрузки |
| Моечная машина | 3,5(4) | 0,8 (0,85) |
| Конвейер | 3,5 | 0,8 |
| Рольганг | 3 | 0,7 |
| Технологическая тележка |
| Тележка-манипулятор | 3,25 | 0,72 |
| Поворотный стенд для корпуса | 3 | 0,7 |
| Манипулятор с захватом | 3,5 | 0,8 |
| Наплавочный комплекс | 3,25 | 0,72 |
| Сварочный трансформатор | 2 | 0,7 |
| Сварочный полуавтомат | 3,5 | 0,8 |
| Сварочный автомат | 4 | 0,85 |
| Электропечь | 3 | 0,7 |
| Пресс гидравлический |
| Универсальный металлорежущий станок |
| Заточной станок |
| Электрокар |
| Кран-балка |
| Кран-укосина | 2 | 0,5 |
| Шлифовальная машинка |
| Электрогайковерт |
| Пресс сжатия поглощающего аппарата | 3 | 0,7 |
| Магнитный дефектоскоп | 2 | 0,5 |
| Автоматизированная система контроля геометрических параметров автосцепки | 4 | 0,85 |

Под *уровнем технологии* будем понимать отношение комплекса используемых в процессе труда механизированных и автоматических машин ко всем средствам труда:

где – средний возраст машин для z-й звенности

= 5,5d1+12.5d2+17.5d3

di= ni/n0 – удельный вес машин имеющих срок службы в i-м интервале, где ni – число машин в i-й интервальной группе, n0 –общее число рассматриваемых машин.

**Методы оценки технического уровня производства**

Оптимальные значения показателя уровня автоматизации позволяют разрабатывать соответствующие технические решения. Продолжительности выполнения технологической операции и технологического процесса зависят от уровня развития техники, организации производства и труда. Они оказывают определяющее влияние на величины производительности труда и производительности машин.

Неавтоматизированное оборудование по своим конструктивно-компоновочным решениям не может изменяться существенным образом, что обусловлено условиями совместной работы системы человек—машина применительно к возможностям человека. Конструктивное совершенствование неавтоматизированного оборудования, призванное повысить его производительность, происходит сравнительно медленно. Оно достигается за счет увеличения мощности и быстроходности приводов, повышения геометрической точности и жесткости узлов.

Полуавтоматы, автоматы и системы автоматических машин снимают ограничения в реализации технологических операций и процессов, конструкций и компоновок, связанных с непос­редственным участием человека в производственном процессе. Поэтому автоматизированные технологические процессы характеризуются, прежде всего, конструкцией применяемых автоматов или их систем, выполняющих заданные работы без непосредственного участия человека. При этом открываются но­вые возможности создания различных вариантов автоматических машин и автоматических линий.

Автоматические линии имеют более широкие возможности. Можно изменять число позиций, структуру построения (однопоточные; однопоточные, разделенные межоперационными накопителями; многопоточные), емкость и число межоперационных накопителей, компоновочную схему, комплекс оборудования, уровень автоматизации и др.

При разработке автоматизированных технологических процессов (создании автоматических линий) в отличие от автоматизации отдельных технологических операций дополнительно необходимо обеспечивать: согласование системы автоматических машин по производительности; минимальное время на межстаночное перемещение изделий; рациональное число станков. Критерием выбора потребного числа станков и синхронизации операций на автоматических линиях служит такт выпуска — интервал времени, через который периодически выходит готовая продукция.

Для характеристики действующего производства и социальных последствий внедрения автоматических машин рассчитывают такие показатели, как изменение социального состава и структуры работающих, улучшение условий труда, повышение уровня механизации и автоматизации производства и др. Условия тру­да существенно влияют на рост его производительности, закрепление кадров и состояние здоровья работников.

Для характеристики оснащенности труда применяют показатели фондо- и электровооруженности труда.

*Фондовооруженность* — показатель, характеризующий степень оснащенности труда производственными основными фондами. Он определяется делением среднегодовой стоимости фондов на среднесписочную численность промышленно-производственного персонала.

*Потенциальная электровооруженность* характеризуется отношением суммарной установленной мощности электродвигателей оборудования в данном производственном подразделении к численности рабочих этого подразделения в максимально загруженную смену.

*Действительная (фактическая) электровооруженность* характеризуется отношением расхода электроэнергии к среднесписочной численности рабочих.

При выборе путей и уровня автоматизации производства рассмотренные показатели требуют применения многочисленных критериев. Это в значительной степени затрудняет принятие эффективных управленческих решений. Поэтому при анализе технического уровня производства многочисленные единичные показатели сводят к одному обобщенному критерию, который позволял бы характеризовать технический уровень производства и четко определять пути его развития.

Под *техническим уровнем* производства будем понимать состояние производства на конкретную дату, определяемое совокупностью единичных показателей и интегральным (комплексным) критерием.

Номенклатура единичных показателей технического уровня, как правило, устанавливается методами экспертных оценок, а их ранг -- методом ранжирования.

При анализе производственных процессов вагонных депо, применяют следующие единичные показатели технического уровня [2]:

производственные участки депо

1. уровень механизации и автоматизации производства;
2. уровень автоматизации производства;
3. уровень технологии;
4. потенциальная электровооруженность;
5. площадь участка, приходящаяся на один отремонтированный вагон;

вагонное депо

1. производительность труда;
2. уровень механизации и автоматизации производства;
3. уровень автоматизации производства;
4. средний возраст машин и оборудования;
5. фактическая электровооруженность;
6. доля ручного труда (основное производство);
7. доля ручного труда (вспомогательное производство).

Производительность труда одного работника эксплуатационного контингента вагонного депо определяется делением общего объема работы, выраженного в единицах приведенной продукции, на среднесписочное число работников эксплуатационного контингента.

Интегральные критерии технического уровня производства определяют по формулам:

производственный участок депо



вагонное депо



где  – коэффициент весомости i-го единичного показателя,  – относительный единичный показатель

 ; ;

 либо ,

где ,  *–* абсолютные значения i-го единичного показателя технического уровнядля рассматриваемого и базового (прогрессивного) участка (депо), *fi* – значение одно из пяти для участка.

Первое соотношение для применяют при расчете показателей, имеющих тенденцию роста, а второе — снижения.

Чтобы определить путь развития производства по интегральному критерию, рекомендуется применить следующие критические области для его изменения:

*TY >* 1 — высокий технический уровень производства;

0,8 < *TY <* 1 — нормальный технический уровень производства;

0,6 < *TY <* 0,8 — участок (депо) требует технического перевооружения;

*TY <<*0,6 — участок (депо) требует реконструкции.

Под *техническим перевооружением заводов, цехов, депо, производственных* участков понимают комплекс мер, направленных на повышение технического уровня за счет замены устаревших машин и оборудования, снижения доли ручного труда, применения новых технологий, совершенствования организации производства, труда и управления.

При реконструкции, помимо перечисленных выше мер, предусматривается строительство новых и расширение действующих участков (цехов). Конкретные задачи технического перевооружения определяют из сопоставления значений единичных показателей технического уровня с прогрессивными в рамках одной железной дороги или сети дорог. Масштабы реконструкции зависят от степени различия этих показателей.

Для проведения численных расчетов единичных показателей технического уровня производства и интегральных критериев в табл. приведены ориентировочные прогрессивные значения единичных показателей и коэффициенты весомости соответственно для производственных участков депо и вагонного депо в целом.

**Ориентировочные прогрессивные показатели технического уровня участков депо**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  показателя | Коэффициент  весомости | Вагоносборочный | Тележечный | Колесно-  роликовый | Контрольный пункт автосцепки |
| Уровень механизации и автоматизации производства, % | 0,28 | 58 | 69 | 63 | 67 |
| Уровень автоматизации производства, % | 0,28 | 12 | 22 | 16 | 14 |
| Уровень технологии, % | 0,21 | 64 | 76 | 84 | 93 |
| Электровооруженность труда, кВт/ чел. | 0,14 | 10 | 20 | 17 | 26 |
| Удельная площадь участка, м2/ваг. | 0,09 | 205 | 60 | 87 | 36 |

**Ориентировочные прогрессивные показатели технического уровня участков депо**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование показателя | Коэффициент весомости | Прогрессивное значение показателя |
| Производительность труда,  приведенная продукция/чел | 0,26 | 6593 |
| Уровень механизации и автоматизации производства, % | 0,26 | 45 |
| Уровень автоматизации производства, % | 0,19 | 10 |
| Средний возраст машин, лет | 0,13 | 6 |
| Фактическая электровооруженность труда, кВт/чел. | 0,08 | 8447 |
| Доля ручного труда (основное производство), % | 0,05 | 56 |
| Доля ручного труда (вспомогательное производство), % | 0,03 | 55 |