

Введение

Цель производства – выпуск продукции конкурентоспособной по цене и качеству на мировом рынке.

Снижение цены достигается массовостью производства, автоматизацией и введением гибкости в производство, т.е. сокращением времени, затрачиваемым на переналадку при частой смене деталей либо заменой ручного труда на работу роботов и манипуляторов.

Основные понятия

Рабочая машина – это сочетание механизмов и устройств, выполняющих определенные целесообразные действия для производства полезной работы.

С помощью рабочих машин изменяют форму, свойства, положение и состояние объектов труда. Любая развитая рабочая машина состоит из двигателяного, передаточного и исполнительного механизмов. Наиболее важным в РМ является исполнительный механизм, состав которого определяет технологические возможности, степень универсальности и наименование РМ (токарный, фрезерный, сверлильный станок и т.д.). В РМ обработка совершается без участия оператора, исполнительными механизмами управляет сама РМ.

Современные рабочие машины можно классифицировать по различным признакам, важнейшими среди которых являются:

- 1) технологическое назначение (токарные, шлифовальные, сборочные, упаковочные и др.);
- 2) степень универсальности (универсальные, специальные, специализированные);
- 3) степень автоматизации (полуавтоматы, автоматы, гибкие производственные системы).

Кроме того, рабочие машины можно классифицировать по направлению геометрической оси (горизонтальные и вертикальные); по числу позиций (одно- и многопозиционные); по принципу действия (последовательного, параллельного, последовательно-параллельного действия); по типу системы управления (управляемые упорами, копирами, распределительным валом с кулачками, перфолентами, перфокартами, магнитными лентами, магнитными дисками, мини-ЭВМ, микропроцессорами). Значительная часть этих признаков отражается в названиях машин, например: универсальный токарный станок, многошпиндельный специальный токарный полуавтомат, гибкий производственный модуль, роботизированный технологический комплекс и т. д.

Для изготовления одних и тех же изделий, как правило, могут быть сконструированы или использованы варианты машин, различающиеся степенью автоматизации, универсальностью, числом позиций, принципом действия и т. д. Они также различаются технико-экономическими показателями, которые являются критериями их сравнительной оценки: производительностью, надежностью в работе, стоимостью, числом обслуживающих рабочих, себестоимостью эксплуатации.

Рабочий цикл – периодическая повторяемость отдельных движений, связанная с дискретным выпуском деталей.

После пуска РМ сначала происходят вспомогательные движения: подача заготовки в зону резания, ее зажим, включение, подвод инструментов в течении времени t_{B1} . Затем происходит обработка в течении времени t_p , после этого следуют вспомогательные движения в течении времени t_{B2} , отвод инструмента, выключение машины, разжим заготовки снятие обработанной заготовки.

Следовательно, рабочий цикл - это интервал времени между двумя одноименными операциями при безотказной работе машины.

t_p – время рабочих ходов; t_B – время вспомогательных ходов.

Рабочими ходами исполнительных механизмов машины называют такие движения, благодаря которым производится непосредственное технологическое воздействие на обрабатываемую заготовку (обработка, контроль, сборка).

Вспомогательными ходами называют движения механизмов, которые служат для подготовки условий, необходимых для обработки (подача и зажим заготовок, подвод и отвод инструментов, переключение скоростей). Некоторые рабочие и вспомогательные ходы могут совмещаться во времени.

За время рабочего цикла машина обычно выдает одно изделие, т.е., каждый механизм за время цикла при изготовлении одного изделия, как правило, срабатывает один раз. Если машина, кроме того, выполняет самостоятельно вспомогательные ходы, а также управление последовательностью отдельных движений, она является автоматической машиной (автоматом).

Автоматом называют рабочую машину, которая при выполнении технологического процесса без участия человека производит все рабочие и вспомогательные ходы рабочего цикла и требует лишь контроля и наладки.

Таким образом, конструктивным признаком автомата является наличие полного комплекта механизмов рабочих и вспомогательных ходов, осуществляющих все движения рабочего цикла и систему управления, координирующую их работу.

Механизмы рабочих и вспомогательных ходов, выполняющие отдельные элементы рабочего цикла, называют целевыми.

Степень автоматизации машины можно повысить путем введения автоматизирующих механизмов и устройств для регулирования и стабилизации обработки, контроля качества изделий, зажима и подналадки инструмента, уборки отходов, замены инструментных коробок и т. д. Если работа этих механизмов не связана непосредственно с рабочим циклом автомата, их называют внецикловыми.

Полуавтомат. Если в комплекте целевых механизмов автомата отсутствуют один из его основных механизмов и этот элемент рабочего цикла выполняют вручную или с помощью средств механизации, то это — полуавтоматическая рабочая машина (полуавтомат). Полуавтоматом называют машину, работающую в автоматическом цикле, для повторения

которого требуется вмешательство рабочего (загрузка заготовок и съем изделий или ориентирование и зажим заготовок).

К полуавтоматам относят зуборезные станки (зубодолбежные, зубофрезерные, зубострогальные). В них рабочий производит вручную загрузку и закрепление заготовок в шпинделе, после чего нажатием кнопки включает автоматический цикл. Инструменты подходят к обрабатываемой заготовке и выполняют полный цикл нарезания всех зубьев при соответствующей координации всех рабочих движений; после обработки инструменты отводятся в исходное положение и станок сам выключается.

Автоматическая линия - это автоматически действующая система машин, расположенных в определенной технологической последовательности и объединенных общими средствами транспортирования заготовок, управления, накопления заделов, удаления отходов, и выполняющая определенную обработку заготовки какой-либо определенной детали.

Гибкой производственной Системой называют совокупность в различных сочетаниях оборудования с ЧПУ, РТК, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени, обладающую свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик.

По организационным признакам различают следующие виды ГПС: гибкую автоматизированную линию; гибкий автоматизированный участок; гибкий автоматизированный цех.

Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ) — это ГПС в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

Гибкая автоматизированная линия характеризуется высокой мобильностью. Она легко переналаживается на изготовление деталей другого вида. Она состоит из единиц оборудования с высокой степенью автоматизации. Линия обычно позволяет обрабатывать заготовки деталей, выпускаемых малыми и средними партиями. Линия для механической обработки включает группу высокоавтоматизированных станков, транспортную систему автоматизированной подачи заготовок и инструмента, ЭВМ с системой программного управления и ряд других механизмов.

Гибкая производственная система, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования, называется *гибким автоматизированным участком*.

Гибкая производственная система, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, гибких автоматизированных участков, роботизированных технологических участков для изготовления изделий заданной номенклатуры, называется *гибким автоматизированным цехом*.

Гибкий автоматизированный цех представляет собой дальнейшую более высокую ступень развития рабочей машины, в которой элементами, выполняющими рабочие ходы, являются уже отдельные гибкие автоматизированные линии. Функции механизмов вспомогательных ходов выполняют сложные системы межлинейного, межучасткового и межстаночного транспортирования заготовок, изделий, собранных узлов, системы автоматического складирования. Функции управления автоматизированным цехом осуществляются уже посредством автоматических и автоматизированных систем управления производством на базе вычислительной техники с использованием центральной ЭВМ, микропроцессорной техники, системы автоматизированного проектирования (САПР). Кроме того, здесь уже широко используются автоматизированные системы управления предприятием (АСУП), автоматизированные системы инструментального обеспечения (АСИО), автоматизированные системы технологической подготовки производства (АСТПП), автоматизированные транспортно-складские системы (АТСС) и т. д. Составной частью ГПС является гибкий производственный модуль (ГПМ).

Гибкий производственный модуль — это единица технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры с ПрогУправл, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая все функции, связанные с их изготовлением, имеющая возможность встраиваться в ГПС.

ГПМ предназначен для обработки ряда различных деталей, он может иметь устройство, определяющее износ инструмента, его поломки, ставить диагноз неполадок в работе и т. д.

Создание и внедрение автоматизированных цехов создает предпосылки перехода к гибкому автоматизированному заводу (ГАЗ) с широкой комплексной автоматизацией производственных процессов выпуска самой сложной машиностроительной продукции. Этот завод, управляемый ЭВМ различного класса, обеспечивает быстрый переход с изготовления одного вида продукции на другой.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Основным фактором повышения производительности труда в любой отрасли производства является рост производительности машин, количества выпускаемой продукции требуемого качества.

Для выполнения любой работы требуются определенные затраты времени:

$$T = t_p + t_b$$

где T — время, в течение которого производится обработка; t_p — время, затрачиваемое на рабочие ходы, т. е. непосредственно на обработку данной заготовки; t_b — время, затрачиваемое на вспомогательные ходы при выполнении всего цикла обработки заготовки (подвод и отвод инструмента, подача заготовки, включение отдельных механизмов и т. д., т. е. цикловые потери времени).

Так как за время T заканчивается обработка одной заготовки, то, очевидно, при установленном режиме работы автоматической машины для обработки следующей такой же заготовки потребуется то же самое время T .

Производительностью рабочей машины называют число деталей, изготавляемых в единицу времени. Для того, чтобы количественно оценить производительность автоматизированного производственного оборудования, необходимо выпущенную продукцию отнести к отрезку времени, за который эта продукция произведена.

Если за период рабочего цикла T автоматическая машина выпускает одно изделие, то при условии бесперебойной работы ее цикловая производительность $Q_{ц} = 1/T = 1/(t_p + t_b)$. Если за период рабочего цикла T производится не одно, а p изделий, то цикловая производительность $Q_{ц} = p/T$.

В машиностроении значительную часть выпускаемой продукции представляет штучная продукция, поэтому в основу взята штучная производительность, т. е. число изделий, изготовленных в единицу времени.

Если в автоматической машине отсутствуют вспомогательные ходы ($t_b = 0$; $T = t_p$) и технологический процесс происходит непрерывно, цикловая производительность (шт/мин) $Q_{ц} = 1/t_p = K$.

Величину K называют также **технологической производительностью рабочей машины, или наибольшей технологической производительностью**.

Проектирование любого автоматизированного оборудования начинают с разработки технологического процесса: выбора методов и последовательности обработки, технологических баз, режущего инструмента, дифференциации технологического процесса на элементы, совмещения операций в каждой рабочей позиции, выбора режимов обработки и т. д. В результате этого определяют длительность обработки заготовки согласно технологическому процессу — время рабочих ходов. Таким образом, еще не имея конструкции автоматической рабочей машины, можно рассчитать ее технологическую производительность K . Например, если согласно принятому технологическому процессу длительность изготовления детали $t_p = 2$ мин, то,

не проектируя машины, можно считать, что она не может иметь технологическую производительность выше, чем $K = 0,5$ шт/мин.

Технологическая производительность автоматизированного оборудования зависит от обрабатываемых изделий, методов и режимов обработки. Так, при обработке резанием цилиндрических поверхностей время рабочих ходов рассчитывается по формуле

$$t_p = \frac{l}{nS} = \frac{\pi dl}{1000 vS}$$

где l — длина хода инструмента, мм;

n — частота вращения шпинделья, мин⁻¹;

S — подача, мм/об;

v — скорость резания, м/мин;

d — диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Отсюда

$$K = \frac{l}{t_p} = \frac{1000 vS}{\pi dl}$$

Повышение технологической производительности достигается интенсификацией режимов обработки (v и S), применением новых прогрессивных технологических процессов, сокращением длины обрабатываемого участка l , приходящегося на каждый инструмент, совмещением операций между собой и другими методами. При этом технологический потенциал производительности машины повышается.

В автоматизированном оборудовании дискретного действия со вспомогательными ходами цикловая производительность всегда меньше технологической:

$$Q_{ц} = \frac{1}{t_p + t_{в}} = \frac{1}{\frac{1}{K} + t_{в}} = K \frac{1}{Kt_{в} + 1} = K\eta.$$

Таким образом, цикловая производительность автоматизированного оборудования представляет собой произведение технологической производительности K на коэффициент производительности η . Коэффициент производительности — это отношение времени рабочих ходов к периоду цикла:

$$\eta = \frac{1}{Kt_{в} + 1} = \frac{Q_{ц}}{K} = \frac{t_p}{T}.$$

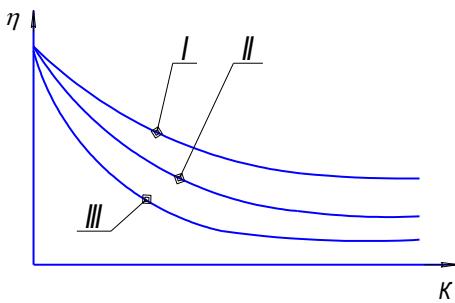
Величина η характеризует степень непрерывности протекания технологического процесса в машине, автомате или автоматической линии. Так, $\eta=0,8$ означает, что в рабочем цикле 80% составляют рабочие ходы, а 20% — вспомогательные; следовательно, возможности, заложенные в технологическом процессе, использованы на 80 %.

Коэффициент производительности характеризует собой конструктивное совершенство автоматизированного оборудования, степень приближения к системам машин непрерывного действия.

Таким образом, два вида производительности — технологическая и цикловая — характеризуют автоматизированное оборудование с точки зрения, как прогрессивности технологического процесса, так и конструктивного совершенства механизмов и устройств, системы управления и т. д.

Для большинства автоматов и автоматических линий длительность рабочего цикла и всех его элементов остается неизменной в процессе работы машины, поэтому технологическая и цикловая производительности являются постоянными величинами.

Из уравнения $Q_{\text{ц}} = K\eta = K \frac{1}{(Kt_b + 1)}$ следует, что коэффициент производительности одновременно зависит от t_b и K . Если принять $t_b = \text{const}$,



то с увеличением K величина η уменьшается, как показано на рис. 1. Кривые I, II, III соответствуют трем значениям t_b .

Таким образом, при повышении технологической производительности, с одной стороны, увеличивается производительность, с другой — уменьшается коэффициент

производительности, что ведет к снижению темпа роста цикловой производительности. Поэтому повышение производительности автоматизированного оборудования возможно лишь при учете взаимодействия между указанными двумя факторами. Откладывая по оси абсцисс технологическую производительность, а по оси ординат — цикловую производительность автомата или автоматической

линии, получим графическое изображение (рис. 2) основного уравнения производительности $Q_{\text{ц}} = \frac{K}{Kt_b + 1}$. В то время как идеальная

рабочая машина дает линейную зависимость производительности от K , цикловая производительность автомата с постоянными значениями вспомогательных ходов носит асимметричный характер. При $t_b = \text{const}$ наибольшая

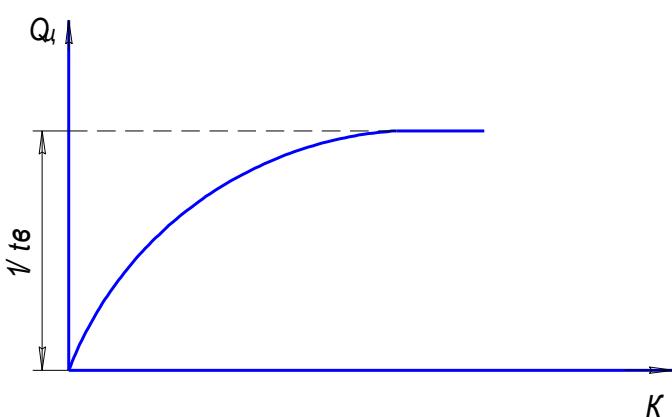


Рис. 2.

производительность (шт/мин) машины равна

$$Q_{\max} = \lim_{K \rightarrow \infty} \frac{K}{Kt_b + 1} = \frac{1}{t_b}$$

Если уменьшается время вспомогательного хода ($t_b \rightarrow 0$), то производительность Q_{\max} стремится к технологической.

Если $K \rightarrow \infty$ и $t_b \rightarrow 0$, то нет предела повышения производительности.

Таким образом, если увеличивается только технологическая производительность при $t_b = \text{const}$, то любой автомат или линия имеет предел повышения производительности. Если наряду с увеличением технологической производительности при создании новых машин сокращается время на вспомогательные ходы, то производительность машин предела не имеет.

Определив производительность автоматизированного производственного оборудования за длительный промежуток времени путем деления количества выпускаемой продукции за календарный отрезок времени на его продолжительность, видим, что она ниже значения, рассчитанного по формуле $Q = K/(t_p + t_b)$. Причиной является то, что любой автомат или линия в пределах планового фонда времени работает не непрерывно, а с паузами (простоями), в течение которых готовая продукция не выдается.

Причины простоев — различные факторы, часть которых является **регламентированными** (планово-предупредительная смена инструмента, профилактика механизмов, сдача и приемка смены, уборка и очистка, юстировка системы, профилактика или подналадка), **а часть — случайными** (устранение отказов механизмов, устройств, инструментов, ЭВМ, системы управления, переоои в снабжении заготовками, инструментами, электроэнергией, несвоевременный приход и уход рабочих). Простоем является и время, потраченное на изготовление деталей с браком.

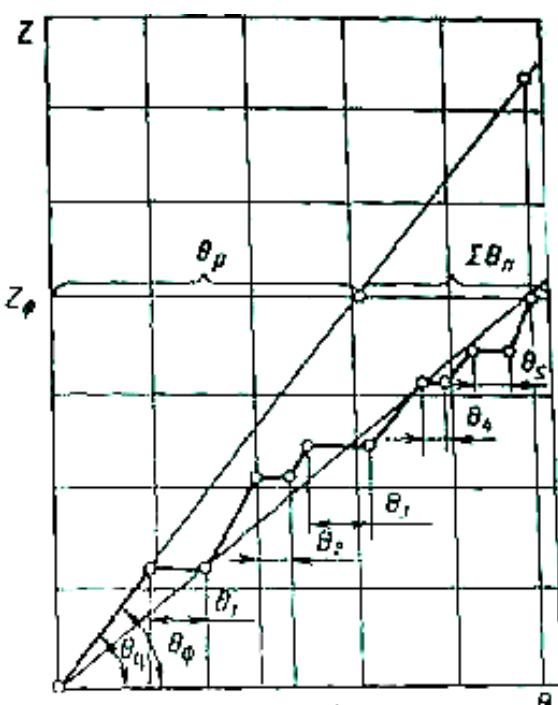


Рис.3.

На рис. 3 представлена диаграмма работы автоматической машины, где по оси абсцисс отложено текущее время θ , начиная с момента времени пуска, а по оси ординат — количество продукции Z выпущенной за это время. В момент пуска ($\theta = 0$) количество выпущенной продукции $Z = 0$; машина предполагается работоспособной.

Наклонная линия показывает, что при бесперебойной работе число обработанных заготовок пропорционально проработанному времени. Это справедливо при постоянстве рабочего цикла $T = \text{const}$. В некоторый момент времени происходят неполадки, например поломка резца, что вызывает простой в течение времени θ_1 — на рисунке — горизонтальная линия. После устранения неполадки машина снова включается, число обработанных заготовок начинает возрастать до тех пор, пока не происходит очередная пауза длительностью θ_2 .

снова включается, число обработанных заготовок начинает возрастать до тех пор, пока не происходит очередная пауза длительностью θ_2 .

Чем чаще и длительнее простоя, тем ниже производительность машины. Рассмотрим период θ , в течение которого машина выпускает Z_ϕ штук деталей. Тогда согласно определению производительность машины равна количеству выпущенной продукции, деленному на тот интервал времени, в течение которого она выпущена, т. е. $Q = Z_\phi/\theta$. Общее время наблюдения складывается из времени работы и простоев: $\theta = \theta_p - \theta_n$. Количество выпущенной продукции пропорционально суммарному времени работы: $Z_\phi = \theta_p/T$.

После преобразований получаем

$$Q = Q_n \eta_{ic}$$

Величину η_{ic} — отношение времени бесперебойной работы автомата или линии за какой-то период к суммарному времени работы и простоев за тот же период — называют **коэффициентом использования**. Коэффициент использования характеризует качество работы оборудования, уровень эксплуатации, надежность в работе, степень нагрузки и численно показывает долю времени работы оборудования в общем фонде времени.

Для того чтобы учесть влияние внецикловых простоев на производительность ГПС, необходимо суммарную величину простоев отнести к одной обработанной заготовке.

Итак, коэффициент использования равен

$$\eta_{ic} = \frac{1}{1 + \frac{\sum t_n}{T}} = \frac{1}{1 + \sum B},$$

где $\sum B$ — простои на единицу времени безотказной работы.

Следовательно, фактическая производительность автомата, автоматической линии или гибкой производственной системы следующая:

$$Q_\phi = Q_n \eta_{ic} = \frac{1}{t_p + t_B + \sum t_n}.$$

Таким образом, для того, чтобы учесть влияние внецикловых простоев автоматов и комплексов на их производительность нужно разделить суммарное время простоев за определенный промежуток времени на число заготовок, обработанных за тот же промежуток времени, и полученное значение прибавить к значению фактической длительности рабочего цикла.

Следовательно, внецикловые потери, подобно вспомогательным ходам, оказывают существенное влияние на производительность, однако природа их возникновения иная: вспомогательные ходы строго регламентированы и повторяются в течение каждого цикла, а внецикловые потери являются случайными величинами.

Для любых автоматов, АЛ и ГПС можно классифицировать потери времени в процессе эксплуатации. Эта классификация является одним из параметров анализа любых машин различного технологического назначения.

1. Потери по вспомогательным ходам: подача обрабатываемой заготовки с позиции на позицию; фиксация, зажим и разжим заготовки, подвод и отвод рабочих органов; переключение отдельных механизмов и т.д., т.е. все

несовмещенные вспомогательные ходы рабочего цикла, когда машина работает, а обработка не происходит.

Вспомогательные ходы являются цикловыми потерями времени, так как происходят в процессе работы. Остальные виды потерь внецикловые, так как вызываются простоями.

2. Потери по инструменту, когда автоматическая машина неработоспособна вследствие неработоспособности инструмента: смена инструмента; ожидание наладчика; хождение за инструментом; передача инструмента из магазина, повторная заточка, правка инструмента и т. д.

3. Потери по оборудованию, когда автоматическая машина неработоспособна из-за неработоспособности механизмов и устройств: регулирование и ремонт механизмов машины; ожидание по ремонту мастера; получение запасных частей; ожидание изготовления деталей; замена панелей; наладка системы управления; профилактика микропроцессоров и ЭВМ и др.

4. Потери по организационным причинам, когда механизмы, устройства и инструменты, а следовательно, автоматическая машина в целом работоспособна, но не работает по внешним причинам: периодическая заправка материала; уборка отходов; сдача деталей и получение заготовок; переговоры по работе; сдача смены; отсутствие заготовок: отсутствие рабочего и т. д.

5. Потери по браку, когда **машина формально работает** и выдает продукцию, которая не соответствует техническим требованиям и не является годной: брак изделий при наладке машины первых операций; **брак** вследствие нарушения настройки комплекса, брак материала, обнаруженный после первых операций.

6. Потери по переналадке, когда автоматическая машина работоспособна и может выдавать те изделия, на обработку которых должна быть настроена: переналадка механизмов в связи с переходом на изготовление другого изделия; замена технологической оснастки; замена программируемых устройств; кинематическая настройка; смена схватов робота; смена приспособлений и инструментов и др.

Указанные виды потерь можно проследить для любых типов автоматических машин, автоматов, автоматических линий, гибких производственных систем и т. д. Так, для токарного роботизированного комплекса (см. рис. 4) потерям первого вида относятся подвод и отвод суппорта; подача заготовки в зону резания и съем детали; зажим и разжим заготовки; к потерям второго вида — смена и регулирование резцов; к потерям третьего вида — устранение отказов механизмов станка, робота и системы управления; к потерям четвертого вида — отсутствие заготовок; уборка стружки и отходов; несвоевременный приход и уход наладчиков; к потерям пятого вида — время, затраченное на обработку бракованных деталей с браком; к потерям шестого вида — переналадка, смена программируемых устройств, замена инструмента, регулирование кинематической цепи и системы управления.

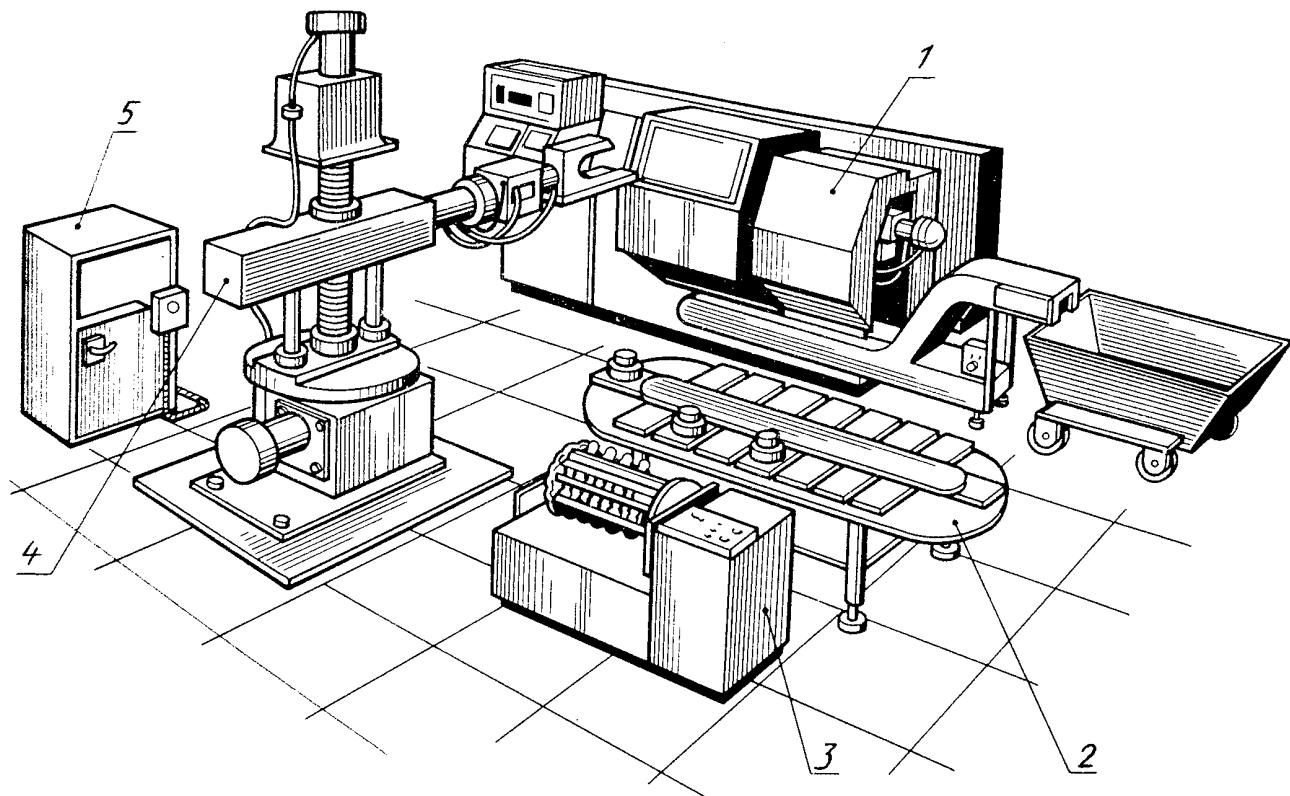


Рис.4 Роботизированный технологический комплекс 1720ПФ30

Внецикловые потери являются одним из важнейших параметров в теории производительности и надежности автоматических машин. Все внецикловые потери можно разделить на две категории: 1) **потери, вызванные причинами, прямо или косвенно связанными с конструкцией и режимом работы автоматической машины или АЛ**, — собственные потери по инструменту, ремонту или регулированию механизмов и устройств, брак операций, выполняемых на линии и т. д.; 2) **потери, вызванные внешними организационно-техническими причинами**; отсутствие заготовок; брак предыдущих операций, обнаруженный при обработке, несвоевременный приход и уход рабочего и др. Коэффициент использования любой рабочей машины

$$\eta_{ис} = \frac{\theta_p}{\theta} = \frac{\theta_p}{\theta_p + \sum \theta_c + \sum \theta_{о.т.}} = \eta_{тех} \eta_3$$

где $\sum \theta_c$ — собственные простоя машины за отрезок времени θ ;

$\sum \theta_{о.т.}$ — организационно-технические простоя за тот же отрезок времени.

$\eta_{тех} = \frac{\theta_p}{\theta_p + \sum \theta_c}$ — коэффициент технического использования, определяют

с учетом только собственных потерь; его значение показывает, какую долю времени работает РМ при условии обеспечения всем необходимым;

$\eta_3 = \frac{\theta_p + \sum \theta_c}{\theta_p + \sum \theta_c + \sum \theta_{о.т.}}$ — коэффициент загрузки, он определяется с учетом

как собственных, так и организационно-технических потерь. Его значение показывает, какую долю общего планового фонда времени машина работает,

ремонтируется, ремонтируется, налаживается и какую долю пропускает по внешним причинам.

Все виды производительности — технологическая, цикловая и фактическая — могут рассматриваться в трех формах: ожидаемая, действительная и требуемая.

Ожидаемая производительность — это предполагаемый уровень производительности автоматического комплекса на стадии его проектирования. Ее прогнозируют с учетом запроектированной длительности рабочего цикла, ожидаемой надежности и т. д. Ожидаемую производительность с учетом только собственных простоев часто называют технической производительностью.

Действительная производительность — это производительность действующих автоматических машин или комплексов. Реальный уровень технической, цикловой и фактической производительности характеризует степень реализации замысла проектировщиков автоматического комплекса и может значительно отличаться от проектных значений, а также быть переменным во времени эксплуатации.

Требуемую производительность определяют, исходя из заданной производственной программы предприятия, сметы экономически целесообразного выпуска продукции и т.д.