

В. А. КОЗЛОВСКИЙ

**Организационные
и экономические
вопросы
построения
производственных
систем**



МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

В. А. КОЗЛОВСКИЙ

Организационные и экономические вопросы построения производственных систем



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ЛЕНИНГРАД
1981

Представлено к изданию

Ленинградским политехническим институтом им. М. И. Калинина

УДК 658.504 : 338.912.12

Козловский В. А. Организационные и экономические вопросы построения производственных систем. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981 Ил — 23, табл — 33, библиогр. — 67 назв. 216 с.

В монографии излагаются вопросы проектирования производственных систем в серийном и мелкосерийном производстве, практически представляющие собой теорию построения экономически эффективных роботизированных систем. Книга может быть использована при подготовке специалистов в области роботизации, а также студентами инженерно-экономических и технических специальностей институтов.

Рецензенты: д-р техн. наук О. В. Ронжин,
д-р экон. наук Ю. А. Львов

к $\frac{31301-093}{076(02)-81}$ 33—81. 0604020101

© Издательство Ленинградского университета, 1981 г.

ИБ № 1235

Владимир Алексеевич Козловский

**Организационные и экономические вопросы построения
производственных систем**

Редактор *Ф. И. Шаренкова*
Технический редактор *Л. И. Киселева*
Корректоры *Е. К. Терентьева, М. В. Унковская*

Сдано в набор 13.01.81. Подписано в печать 23.04.81 М 18708
Формат 60×90^{1/16}. Бумага типографская № 1 Гарнитура литературная
Печать высокая. Печ. л. 13,5. Уч.-изд. л. 14,3 Тираж 2000 экз
Заказ № 47. Цена 2 р. 20 к
Издательство ЛГУ им. А. А. Жданова
199164. Ленинград. Университетская наб., 7/9

Типография ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева
195220. Ленинград. Гжатская ул., 21.

ПРЕДИСЛОВИЕ

К числу важнейших задач, выдвинутых XXVI съездом КПСС, относятся всемерное развитие производства и широкое применение автоматических манипуляторов (промышленных роботов), встроенных систем автоматического управления с использованием микропроцессоров и микро-ЭВМ.

В последние годы в нашей стране выполнена огромная работа по автоматизации и механизации производственных процессов в промышленности: внедрены тысячи поточных и автоматических линий, автоматических участков. Все более широкое применение в управлении и контроле за ходом производства находят ЭВМ. Налажен выпуск крупными сериями различных моделей станков с числовым программным управлением. Все это привело к значительному увеличению производительности труда, высвобождению от ручного, утомительного и малоквалифицированного труда сотен и тысяч рабочих, повысило организацию и технический уровень производства.

Однако успехи автоматизации производства до недавнего времени распространялись главным образом на массовое и крупносерийное производство, характеризующееся стабильностью ограниченной номенклатуры и большим объемом выпуска изделий. Серийное, мелкосерийное и единичное производство, на долю которого в машиностроении приходится 75% всего объема производства, в силу частой смены объектов производства и в связи с этим преобладания технологической формы специализации ограничивалось использованием отдельных достижений в области частичной автоматизации производственных процессов, важнейшим из которых является применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Использование станков с ЧПУ оказало существенное влияние на технологию и организацию производства. Значительное повышение производительности труда при этом может быть получено лишь в случае коренной перестройки технологического процесса, использовании методов групповой обработки и сборки, высокой степени концентрации технологических переходов и операций.

В области организации производства использование станков с ЧПУ, многооперационных станков ведет к значительному со-

кращению длительности производственного цикла и уменьшению затрат на связывание средств в незавершенном производстве, распространению формы многостаночной работы и улучшению организации и обслуживания рабочих мест. Одновременно использование оборудования с ЧПУ усилило предпосылки ликвидации противоречия между высоким общеобразовательным уровнем современных рабочих и содержанием труда. Труд наладчиков, например, при этом может быть уподоблен труду инженера. Вместе с тем остающаяся при частичной автоматизации доля ручного труда становится все в большей степени трудом незначительной сложности, сводящимся к действиям человеческой руки, которые, если бы их передали машине, можно было бы назвать антропоморфными.

Несмотря на достигнутые успехи в области механизации и автоматизации производственных процессов в промышленности, целый ряд основных и вспомогательных технологических операций, таких, как загрузка—разгрузка станков, поточных и автоматических линий, окраска, дробеструйная обработка, нанесение защитных покрытий и ряд операций сварки до недавнего времени не удавалось автоматизировать, используя для этого традиционные средства. Экономически эффективное решение этой проблемы стало возможным с появлением промышленных роботов, интенсивное создание которых началось в последнее десятилетие.

Промышленный робот (ПР) — это машина-автомат, предназначенная для выполнения разнообразных механических действий, подобных выполняемым человеком, занятым физической работой. Такая машина позволяет оперативно переходить на выполнение новых операций и состоит из одного или нескольких манипуляторов (механических рук), управляющего устройства, осуществляющего автоматическое управление манипуляторами и, когда это требуется, средствами передвижения (произвольного типа) [52].

Универсальность применения, т. е. возможность не только выполнять механические операции различного характера, но и быстро (оперативно) перестраиваться на новые, является принципиальным отличием промышленных роботов от более традиционных средств автоматизации. Появление промышленных роботов — результат объективных коренных потребностей производства на современном этапе научно-технической революции [46, 53].

Вторая отличительная особенность промышленных роботов как средства автоматизации производства связана с тем, что, несмотря на возможности самостоятельного выполнения отдельных основных технологических операций (сварка, нанесение покрытий, сборка и т. п.), их главное назначение — выполнение всевозможных вспомогательных операций по обслуживанию основного технологического оборудования (станков, прессов, литейных машин и т. п.). Поэтому внедрение промышленных роботов отли-

чается от внедрения, например, станков-автоматов необходимостью самой тесной увязки с окружающим основным технологическим оборудованием вплоть до внесения изменений в их конструкцию и режим работы.

Высвобождая человека, роботы становятся той универсальной составляющей производственного процесса, которая, обеспечивая автоматизацию отдельных технологических операций, одновременно связывает их в единый комплексно-автоматизированный (роботизированный) процесс в виде системы машин, централизованно управляемых от ЭВМ, и является основой (нижним этажом) АСУТП. При этом в соответствии с первой указанной выше особенностью промышленных роботов комплексно-автоматизированное на их базе производство обладает той требуемой от современного производства гибкостью в отношении возможности внесения изменений в технологию производства, выпускаемую продукцию и освоение новых видов продукции, какая присуща сегодня только неавтоматизированным производствам, обслуживаемым людьми, т. е. серийному, мелкосерийному и единичному производству.

Промышленные роботы являются, таким образом, мощным средством комплексной автоматизации современного производства, а также создания принципиально новых производственных процессов, нереализуемых при участии человека. Их применение позволяет повысить производительность труда, ритмичность производства, сменность работы оборудования, качество продукции и снизить брак.

Высвобождая рабочих, занятых физическим трудом и прежде всего на опасных, утомительных и неквалифицированных работах, промышленные роботы позволяют более рационально использовать трудовые ресурсы и дают не менее важный для нашего социалистического общества социальный эффект.

Анализ областей применения промышленных роботов в различных отраслях промышленности и типах производства, изучение перспектив применения их в зависимости от серийности выпускаемой продукции позволяют сделать вывод, что промышленные роботы могут быть эффективно применены как в условиях массового, так и в условиях мелкосерийного производства.

В массовом и крупносерийном производстве с быстрой сменой объекта производства (автомобилестроение, радиопромышленность, производство электробытовых приборов и некоторых других видов продукции) перспективным является применение роботов для обслуживания агрегатных станков и переналаживаемых автоматических линий на операциях загрузки—выгрузки станков, на начальных и конечных позициях линий, для межстаночного транспортирования. Применение промышленных роботов позволит осуществить комплектацию и запуск таких линий в более короткие сроки, повысит обратимость оборудования.

Как показал опыт зарубежных стран, роботы могут, в частности, эффективно применяться также для замены специального вспомогательного оборудования на отдельных операциях автоматических линий в период модернизации или его замены. В этом случае необходимость останавливать линию на длительное время отпадает, а затраты на программирование и перевооружение робота оказываются значительно ниже, чем потери вследствие простоя линии в течение всего периода модернизации или замены специализированного вспомогательного оборудования на конкретной операции.

В области серийного и мелкосерийного производства наиболее перспективно применение роботов в сочетании со станками с ЧПУ. Это позволит на базе групповой обработки автоматизировать изготовление небольших партий деталей.

В любой области применения промышленный робот должен рассматриваться как элемент производственного комплекса, включающего в себя основное технологическое оборудование, вспомогательное оборудование и устройства, расширяющие эксплуатационные возможности робота (транспортно-накопительную систему, контрольно-измерительные приспособления и ряд других устройств), объединенные общей системой управления.

Изучение отечественных и зарубежных работ, посвященных проблемам использования промышленных роботов, а также конкретные расчеты, проведенные для ряда ленинградских предприятий, в целом подтвердили, что применение роботов оказывает существенное влияние на такие важные экономические характеристики, как производительность труда, объем производства продукции, себестоимость, рентабельность, фондоотдача.

Рост производительности труда обеспечивается, с одной стороны, увеличением объема производства, с другой — сокращением численности производственных рабочих.

Рост объема производства происходит вследствие улучшения использования оборудования, повышения его производительности и снижения брака, при этом улучшение использования оборудования достигается за счет факторов экстенсивного и интенсивного характера. Факторы интенсивного характера предусматривают улучшение использования оборудования в единицу времени. В данном случае это достигается в результате сокращения трудоемкости вспомогательных операций (загрузка—выгрузка деталей, транспортировка и т. п.). Повышение экстенсивного использования оборудования предусматривает увеличение времени его работы. В условиях роботизации это обеспечивается сокращением различного рода потерь рабочего времени и повышением сменности работы оборудования. Как известно, низкая сменность работы оборудования в ряде случаев объясняется недостатком рабочей силы.

По результатам обследования предприятий машиностроения внутрисменные простои из-за отсутствия рабочих составляют

в среднем 12—23% (бóльшая величина относится к металлорежущим станкам, кузнечно-прессовым и электросварочным работам). Целосменные простои по этой же причине составляют 33—47% (бóльшая величина также относится к металлорежущим станкам). Применение роботов позволяет значительно снизить простои оборудования.

Снижение брака продукции происходит вследствие устранения влияния таких индивидуальных и субъективных факторов, как квалификация, опыт, утомляемость рабочего, его физическое состояние.

В условиях роботизации происходит абсолютное и относительное сокращение численности производственных рабочих. Абсолютное сокращение обуславливается сокращением численности рабочих на вспомогательных операциях вследствие их замены роботами. Под относительным сокращением понимается возможность увеличения объема производства при той же численности производственных рабочих вследствие значительно более высокого годового эффективного фонда времени работы оборудования в результате использования промышленных роботов.

Значение этих факторов выходит за рамки отдельного предприятия и является основой решения проблемы дефицита рабочих станочников в промышленности в целом прежде всего за счет сокращения занятости их на вспомогательных операциях.

Увеличение объема производства в условиях роботизации приводит к снижению себестоимости продукции в результате уменьшения доли условно-постоянных накладных расходов на единицу продукции, сокращения непроизводственных расходов, таких, как оплата сверхурочных работ, оплата простоев рабочих и снижение потерь от брака, а также снижения удельной величины затрат по содержанию и эксплуатации оборудования. Снижение себестоимости продукции достигается за счет экономии заработной платы рабочих, высвобождаемых абсолютно и относительно. По оценкам зарубежных специалистов эта составляющая является самой значительной при оценке экономической эффективности промышленных роботов. В частности, в США и Швеции при оценке эффективности роботов на первое место ставят количество высвобождаемых рабочих и уровень их заработной платы. Экономия на заработной плате образуется также вследствие опережающего темпа роста производительности труда по сравнению с темпом роста заработной платы.

Применение промышленных роботов позволяет улучшить использование производственных фондов, которое характеризуется показателями рентабельности и фондоотдачи. При этом рентабельность увеличивается вследствие увеличения общей суммы прибыли, получаемой в результате роста объема производства.

Для оценки экономического эффекта от применения промышленных роботов в конкретном производстве необходимо провести комплексный технико-экономический анализ с учетом техниче-

ских параметров всех агрегатов, входящих в роботизируемый производственный комплекс, основных характеристик и особенностей технологического процесса, частных организационных и технико-экономических показателей, а также социальной и политической значимости роботизации данного производственного процесса.

Методика оценки экономической эффективности применения промышленных роботов должна основываться прежде всего на общей теории оценки экономической эффективности капитальных вложений. Однако в конкретном ее применении должны быть найдены отражение специфические особенности такого средства автоматизации, как промышленный робот. Эта специфика проявляется прежде всего в составе роботизированного комплекса как объекта экономического анализа. В него следует включать:

- рабочее оборудование, на котором выполняются операции технологического процесса;
- промышленные роботы;
- систему управления комплексом в целом;
- вспомогательное оборудование, которое требуется для эксплуатации комплекса;
- транспортные средства для доставки материалов, заготовок, готовых изделий;
- устройства для хранения необходимых запасов материалов, заготовок, деталей или для размещения деталей на промежуточных операциях (при обслуживании роботом нескольких рабочих агрегатов);
- запас необходимых материалов, заготовок, представляющих различного вида заделы;
- запас необходимой технологической оснастки;
- постоянный гарантийный ремонтный запас деталей и элементов, необходимый для нормальной эксплуатации комплекса;
- устройства обеспечения других необходимых условий нормальной эксплуатации комплекса (вентиляционные, защитные и др.);
- производственные площади, занимаемые комплексом;
- прочие возможные элементы, которые выявляются при изучении материального состава комплекса как объекта экономического анализа.

Все расчеты экономического характера для оценки целесообразности применения промышленных роботов должны выполняться с учетом этого полного состава объекта исследования.

Кроме того, одним из важных факторов, который следует учитывать при экономическом обосновании роботизации, является надежность. Недостаточная надежность технических устройств роботизированного комплекса соответственно снижает эффективность роботизации производства. Поэтому возникает необходимость исследования экономической эффективности различных мероприятий по надежности и выявлению оптимальной в этом смысле структуры роботизируемого комплекса. Например, из-

вестно, что чем универсальнее робот, тем он сложнее и менее надежен. Использование в составе роботизируемого технологического комплекса более дешевых и надежных, но менее универсальных роботов приводит к необходимости включать в состав технологического комплекса дополнительное оборудование, компенсирующее снижение функциональных возможностей роботов (при этом предполагается, что надежность этого оборудования существенно выше, чем надежность роботов). Проектирование и изготовление такого специального оборудования требует дополнительных затрат, а его размещение, как правило, приводит к увеличению производственных площадей, занимаемых комплексом.

Каждому сочетанию технических средств комплекса в общем случае соответствует вполне определенная система управления. Различными будут для этих вариантов как капитальные, так и эксплуатационные затраты за весь срок службы комплекса. Поэтому возникает задача определения такого состава технических устройств, входящих в состав роботизированного технологического комплекса (включая промышленные роботы и систему управления), который соответствует минимуму затрат на его проектирование, изготовление и эксплуатацию за весь срок службы технического комплекса.

При определении состава комплекса и соответственно экономического его обосновании важным вопросом является выбор числа единиц основного оборудования, обслуживаемого одним роботом. В настоящее время этот выбор определяется по критерию минимального времени простоя обслуживаемых роботом станков или максимума их загрузки. При этом не учитывается, что при увеличении числа единиц оборудования, обслуживаемых одним роботом, усложняется и соответственно удорожается система управления роботом, стоимость которой может стать даже определяющей при выборе варианта. Поэтому при выборе числа единиц основного оборудования, обслуживаемых одним роботом, необходимо учитывать не только простои оборудования, но и стоимость системы управления при сохранении заданной надежности всего комплекса.

При комплексной механизации и автоматизации участков и цехов работы внедряются также и на складских и транспортных операциях. Это выдвигает специфическую задачу упорядочения транспортных маршрутов, совершаемых роботами или другими автоматическими транспортными средствами. Для действующих цехов эта задача сводится к транспортной задаче линейного программирования на минимум суммы перемещений всех транспортных средств. Для вновь проектируемых цехов она ставится как квадратичная задача о назначениях, при решении которой определяется оптимальная величина суммарных перемещений транспортных средств и взаимное расположение оборудования в соответствии с выбранным стоимостным критерием.

В социалистическом обществе в отличие от капиталистического механизация и автоматизация производства обусловлены решением не только экономических, но и социальных задач: улучшение условий труда, ликвидация тяжелых и опасных для здоровья трудящихся видов работ, улучшение культуры производства.

Проводимые в нашей стране исследования социальных аспектов роботизации производственных процессов показали, что ряд важных социальных последствий роботизации может и должен быть количественно измерен и учтен в расчетах экономической эффективности применения промышленных роботов [16]. Например, установлено, что с внедрением роботов уменьшается текучесть кадров, что позволяет снизить дополнительные затраты на восполнение недостатка в рабочих, а также снизить ущерб в производстве. Ущерб от текучести кадров образуется вследствие недополучения предприятием продукции в течение примерно двух недель от увольняющихся работников, выработка которых снижается в среднем на 20%, и от вновь принятых рабочих, выработка которых в течение 1—3 месяцев работы оказывается сниженной не менее чем на 10% в зависимости от их специальности. Кроме того, текучесть кадров обуславливает дополнительные затраты на организацию работы по приему и увольнению, на подготовку кадров, на строительство объектов жилищно-бытового и социально-культурного назначения.

Необходимо учитывать также, что роботизация позволяет уменьшить количество профессиональных заболеваний, сократить затраты на социальное обеспечение за счет сокращения травматизма на производстве, сократить затраты на лечение и на мероприятия по охране труда и технике безопасности.

В настоящее время изменение затрат, определяемых всеми этими факторами, не учитывается в экономических расчетах. Учет социальных факторов в расчетах позволит более точно определять область экономически эффективного применения промышленных роботов в условиях социалистического способа производства.

Из изложенного прежде всего видно, что развитие и углубление комплексной механизации и автоматизации производственных процессов на базе применения промышленных роботов, создание автоматизированных участков, цехов и заводов сопровождается значительными экономическими и социальными последствиями, предопределение которых затруднительно, так как, с одной стороны, расчетные задачи становятся многовариантными и число переменных, т. е. число факторов, которые необходимо учитывать, с развитием средств автоматизации возрастает; с другой стороны, целый ряд условий, подлежащих учету, носит вероятностный характер и определяет степень экономического и социального риска принимаемых решений. Таким образом, перед

проектировщиком встает сложная задача организации автоматизированной производственной системы.

Современные методы экономического обоснования технических решений, которые успешно применяются в промышленности для оценки экономической эффективности сравнительно простых, единичных мероприятий по созданию и использованию новой техники, непосредственно непригодны для обоснования вариантов комплексной автоматизации производственных процессов с применением промышленных роботов. Для задач этого класса необходимо разработать взаимоувязанные по экономическим критериям экономико-математические модели, позволяющие производить системный экономический анализ рассматриваемых вариантов, завершающийся общим расчетом экономической эффективности выбранного варианта комплексной автоматизации в соответствии с основными положениями методики определения экономической эффективности использования новой техники в народном хозяйстве. При разработке таких моделей следует учитывать, что экономическое обоснование должно носить характер не только разового расчета, как это имеет место в настоящее время, а должно также обеспечивать возможность выполнения постоянного оперативного экономического анализа для оценки экономических последствий изменения любого технологического и технического параметра или их совокупности в ходе эксплуатации автоматизированного (роботизированного) комплекса.

Очевидно, что поиск экономически эффективного варианта комплексной автоматизации находит свое окончательное решение в виде определенного варианта организации производства. Поэтому вся проблема должна предусматривать решение целого ряда экономических и организационных вопросов автоматизации роботизированного производства.

Разработка указанной проблемы является достаточно сложным делом, необходимым для обоснованного определения путей развития отечественной робототехники в целом и при решении частных задач автоматизации производства.

В предлагаемой читателю книге рассматриваются организационные и экономические вопросы построения роботизированных производственных систем. Эта книга является первой в указанной области и обобщает опыт работы автора по названной проблеме.

АНАЛИЗ И ВЫБОР ВАРИАНТОВ КОМПОНОВКИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

§ 1. Особенности организации и экономического анализа роботизированного производства

Характерной особенностью проявления научно-технического прогресса в развитии промышленного производства на современном этапе является то, что отдельная машина все реже функционирует самостоятельно, как правило, она действует в системе машин. Это становится особенно актуальным в связи с появлением промышленных роботов — перепрограммируемых машин-автоматов, предназначенных для выполнения широкого класса механических действий, подобных выполняемым человеком, занятым физическим трудом [52]. Универсальность роботов, выражающаяся в возможности их оперативной перестройки с одной операции на другую, позволяет завершить процесс автоматизации серийного и мелкосерийного производства.

Машиностроение является многономенклатурной отраслью с огромным разнообразием деталей, технологических процессов и операций. Охватить это многообразие процессов и операций известными методами организации производства, обеспечивающими высокий экономический эффект, не представляется возможным. В этой связи заслуживает внимания общая концепция высказываний лауреата Государственной премии Л. Н. Кошкина о том, что для процессов обработки металлов резанием, где рабочее движение наиболее сложное и бесконечно разнообразное, не только автоматические системы, но и автоматические машины не могут получить широкого распространения, так как для этого пришлось бы создавать бесчисленное множество специальных машин [10]. Действительно, эта концепция и в настоящее время подчеркивает огромную сложность комплексной автоматизации серийного и мелкосерийного производства, и до появления станков с ЧПУ и промышленных роботов нельзя было усомниться в ее справедливости. Появление станков с числовым программным управлением и промышленных роботов расширило перспективы комплексной автоматизации изменяющихся многономенклатурных производств.

Применение промышленных роботов и станков с ЧПУ, позволяя сохранить универсальность основного оборудования, необходимую в условиях изменяющегося многономенклатурного производства, дает возможность решить проблему его комплексной ав-

томатизации путем создания и использования систем машин, охваченных гибкой связью и работающих по изменяемым программам.

Переход к использованию систем машин в промышленном производстве означает переход к комплексной автоматизации производства и знаменует качественно новый скачок в развитии техники.

Исторически предшествующие комплексной автоматизации комплексная механизация и частичная автоматизация производства опирались на сложившееся разделение труда в производстве, что проявлялось, в частности, в том, что, во-первых, рабочие машины, выполняющие определенные, присущие только им производственные функции, становились все более сложными, а человеческий труд, необходимый для их обслуживания, — все более простым, однообразным и монотонным. С развитием комплексной механизации и частичной автоматизации потребность в таком малоквалифицированном, однообразном и монотонном труде постоянно возрастала. Это определило противоречие между возросшей общеобразовательной подготовкой современных рабочих кадров и содержанием труда. Во-вторых, управление производством ориентировалось на организацию, планирование и управление производством, представленным набором отдельных машин. Использование систем машин требует развития новых форм и методов организации, планирования и управления производством. В-третьих, оценка экономической эффективности ограничивалась рассмотрением эффективности отдельных организационно-технических мероприятий при учете сравнительно небольшого числа сопоставляемых показателей; дефицитность ресурса — рабочая сила и социальные последствия организационно-технических мероприятий не учитывались.

В условиях комплексной автоматизации сложность экономических расчетов возрастает. Объектом экономического анализа становятся система машин и социальные последствия комплексной автоматизации. Этим обусловлена необходимость использования экономико-математических методов, позволяющих учитывать большое число параметров и обеспечивающих выбор оптимальных вариантов на всех этапах проектирования производственных систем [30—33].

Применение промышленных роботов существенно влияет на изменение форм и методов организации, планирования и управления производством. При сложившемся разделении труда на промышленных предприятиях основное внимание при решении задач оперативно-производственного планирования уделялось задачам по оптимальному закреплению деталей операций за рабочими местами, выбору оптимальной последовательности выполнения деталей операций на рабочих местах, обоснованию необходимости и выбору оптимального размера партий деталей [19, 49]. Большое внимание уделялось реализации поточного метода орга-

низации труда путем разработки методов организации движения однопредметного или многопредметного потока деталей, обрабатываемых на отдельных рабочих местах, расположенных в определенной последовательности [22, 23, 24].

Организация труда и система оплаты труда также отражали сложившееся разделение труда, которое проявлялось в распределении работ по исполнителям, расстановке рабочих и преобладании сдельных форм оплаты труда над повременными.

Применение промышленных роботов осуществляется в рамках роботизированных технологических комплексов, экономическая эффективность которых проявляется в основном лишь при организации групповых методов обработки деталей. Организационной основой групповых методов обработки деталей является предметная форма специализации, а технологической — групповая технология [34].

Организация группового производства определяет качественно новый этап в организации, планировании и управлении производством. Она означает переход от организации и планирования движения отдельных деталей по рабочим местам к организации, планированию и управлению работой систем машин, основой которых являются роботизированные технологические комплексы. Решение задач оперативно-производственного планирования по оптимальному закреплению отдельных деталей операций за рабочими местами при этом теряет свое значение. Основное внимание теперь уделяется организации обработки групп деталей в роботизированных комплексах машин: определению оптимальной номенклатуры группы деталей, числа и размеров партий групп деталей, последовательности выполнения партий деталей в комплексе, максимальной загрузке всех рабочих мест комплекса с учетом надежности технических средств. Изменяются также распределение работ по исполнителям, расстановка рабочих, организация и обслуживание рабочих мест. Многостаночное обслуживание становится одной из основных форм организации труда, а система оплаты труда — преимущественно повременной.

Организация производственного процесса, в основе которого лежат использование систем машин и групповые методы обработки, усложняет экономические расчеты, углубляет их содержание. До недавнего времени системность подхода в экономических расчетах определялась и направлялась выбором базового варианта и соблюдением правила тождества непосредственных производственных результатов применения способов и средств по каждому варианту обработки деталей. При этом главное внимание уделялось достижению тождества по составу обрабатываемых деталей, по качеству в соответствии с техническими условиями, по количеству в соответствии с плановым заданием, по установленным срокам, по сходным условиям труда и его безопасности [14].

В условиях автоматизированного производства экономический анализ вариантов не ограничивается выбором базового варианта и проработкой вариантов на тождественность результатов. Экономическое исследование в этом случае выходит за традиционные рамки. Это обусловлено изменением представления об объекте экономического анализа. Объект экономического анализа рассматривается теперь не в виде набора отдельных элементов и эффектов, которые обеспечиваются при этом, но и связей между элементами системы в виде согласованных между собой интенсивностей работы элементов системы как в пределах рассматриваемой группы машин, так и во взаимодействии с другими группами машин, организованных в один производственный процесс. В частности, необходимо найти оптимальную компоновку основного производственного оборудования, т. е. провести моделирование отдельных роботизированных технологических комплексов, чтобы предусмотреть их максимально возможную загрузку, надежность в работе и согласованность с другими звеньями производственного процесса и только на такой основе рассмотреть тождественность вариантов — базового и нового. В случае изменения представления об организации производственного процесса вся предварительная расчетная работа должна выполняться заново. В настоящее время при проектировании производственных участков и цехов еще не всегда осуществляется их поэтапное моделирование. Требование многовариантности при выборе решения нарушается. В результате проектные расчеты экономической эффективности производственных комплексов часто оказываются завышенными по сравнению с фактическими. Например, известно, что далеко не по всем автоматическим линиям проектные и фактические расчеты экономической эффективности совпали. В ряде случаев фактические расчеты экономической эффективности оказались ниже проектных по причинам технического и организационного порядка, т. е. как раз по тем причинам, которые не принимались во внимание при проектной оценке экономической эффективности вариантов [20].

Характерной особенностью применения промышленных роботов в многономенклатурном серийном и мелкосерийном производстве является то, что проектирование роботизированных технологических комплексов и их внедрение (за исключением проектирования новых комплексно-автоматизированных цехов и заводов) осуществляется на действующих предприятиях и призвано обеспечить постоянный рост производительности труда в условиях изменения номенклатуры и объемов производства. Поэтому для таких производств должны быть разработаны типовые экономико-математические модели, позволяющие оперативно, в соответствии с требованиями изменяющегося производства, находить оптимальный вариант его перестройки в кратчайший срок.

В экономической проработке проекта роботизации следует выделить две стадии: предварительную и окончательную. На

предварительной стадии экономическая проработка проекта роботизации производственного процесса имеет своей целью выбрать из большого многообразия вариантов организации производственного процесса оптимальный, наилучшим образом соответствующий техническим и организационным особенностям конкретного производства. С этой целью на стадии проектирования осуществляется математическое моделирование роботизированного технологического комплекса, выбираются его структурное построение и компоновка. Выбор оптимального варианта при моделировании осуществляется на основе использования непротиворечивых частных технико-экономических показателей, таких, например, как показатель роста производительности труда, снижения грузооборота комплекса, снижения внецикловых потерь работы комплекса и ряда других. На окончательной стадии экономической проработки проекта производится расчет экономической эффективности выбранного варианта на основе требований отраслевых методических указаний по определению экономической эффективности новой техники.

§ 2. Развитие форм построения роботизируемых производственных звеньев

Применение промышленных роботов и станков с числовым программным управлением позволяет расширить область автоматизации производственных процессов и сопровождается ростом стоимости основных фондов и прежде всего активной их части. Использование дорогостоящих станков и вспомогательного технологического оборудования, к которому относятся и промышленные роботы, выдвигает более высокие требования к организации производственного процесса.

В современных условиях научно-технического прогресса машина все реже функционирует самостоятельно. Как правило, она действует в системе машин, результат организации работы которой определяет экономическую эффективность использования данной машины. Таким образом, индивидуальные качества машины влияют на результаты производства только в той мере, в какой они повышают производительность всей системы машин. Техническое совершенство и экономичность отдельного агрегата, включенного в систему машин, проявятся лишь только в том случае, если остальные виды оборудования, входящие в систему, будут характеризоваться согласованностью параметров, режимов работы во времени и определенным взаимным размещением.

Практика показывает, что внедрение промышленных роботов на предприятиях в подавляющем большинстве случаев происходит путем создания технологических участков, что позволяет осуществлять поэтапность их ввода в эксплуатацию и постепенное наращивание количества модулей в составе роботизированного