

ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ И КАЧЕСТВО ПРОИЗВОДИМОЙ ПРОДУКЦИИ

ЭДУАРД КАЗАРЯН

XXV съезд КПСС определил суть десятой пятилетки, как пятилетки качества и высокой эффективности использования созданного в стране мощного производственно-технологического потенциала. «Поэтому в наших народнохозяйственных планах определяющее значение приобретают качественные показатели, такие, как снижение удельных затрат сырья, материалов и топлива, лучшее использование производственных мощностей, улучшение потребительских свойств всех видов продукции и изделий»¹. «Меры, направленные на повышение качества продукции, должны быть комплексными и охватывать улучшение качества исходного сырья и материалов, совершенствование технологии, повышение роли операций по доводке готовой продукции и подготовке ее к потреблению»².

Первостепенная роль в повышении технического уровня и улучшении качественных показателей всех отраслей материального производства принадлежит отраслям машиностроения, но в то же время она накладывает жесткие требования на качество выпускаемой ими продукции. Высокое качество машиностроительной продукции определяется в первую очередь производственно-технологическими процессами, применяемыми при изготовлении определенных деталей, узлов, агрегатов и машин. Применение прогрессивной технологии на различных этапах производственного процесса в машиностроении, максимально экономящей исходное сырье, топливо, материалы и обеспечивающей охрану окружающей среды, играет особую роль в перспективе долгосрочного развития экономики и научно-технического прогресса. Следовательно, необходимо определить такие технико-экономические показатели, которые способствовали бы своевременному внедрению прогрессивной технологии в производственный процесс, не допускали применения таких комплектов оборудования, на которых выпускаемая продукция не соответствовала бы требованиям по качеству.

В настоящее время имеется ряд разработок по применению наиболее прогрессивных технологических процессов и комплектов оборудования, основанных на методике определения экономической эффективности. Например, для решения вопроса о целесообразности замены стан-

¹ А. Н. Косыгин, Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы. Доклад XXV съезду КПСС. М., 1976, стр. 17.

² Там же, стр. 27.

ков с ручным управлением станками с числовым программным управлением в ЭНИМСе, Оргстанкинпроме и других организациях применяют методики по сравнительной экономической эффективности, учитывающие изменение приведенных затрат либо на один час работы заменяемых станков, либо на единицу выпускаемой продукции и т. д.³ При формировании оптимальных производственно-технологических структур в машиностроении мы также основывались на критерии минимизации удельных приведенных затрат на единицу выпускаемой продукции⁴. После решения такой экономико-математической задачи были получены наиболее прогрессивные и производительные при заданном уровне развития техники и технологии комплекты оборудования, а качество выпускаемой на них продукции соответствовало разработанным стандартам, ГОСТ-ам, ТУ и т. д. Однако расчеты также показали, что значительное отклонение годового объема производства продукции какого-либо вида от своей оптимальной величины приводит к необходимости либо увеличения номенклатуры технологически однородной продукции, либо к возрастанию удельных приведенных затрат. При малых партиях продукции в номенклатуре в некоторых случаях для машиностроительного предприятия возникает необходимость в дополнительной проверке на взаимозаменяемость комплектов оборудования по формуле:

$$\sum_{\gamma=1}^{\bar{\gamma}} \frac{(C_{i\gamma} + E_n K_{i\gamma}) X_{i\gamma}}{t_{i\gamma} B_{\gamma}} \leq \sum_{\gamma=1}^{\bar{\gamma}} \frac{(C_{i+1,\gamma} + E_n K_{i+1,\gamma}) X_{i+1,\gamma}}{t_{i+1,\gamma} B_{\gamma}} \quad (1)$$

($i=1,2,\dots, i+1,\dots, I$); ($\gamma=1,2,\dots, \bar{\gamma}$),

где C_i, C_{i+1} — себестоимости изготовления продукции соответствующего наименования γ на взаимозаменяемых комплектах оборудования, руб./комплект оборуд.; год;

K_i, K_{i+1} — капитальные вложения на приобретение, установку и пуск в эксплуатацию взаимозаменяемых комплектов оборудования i ; руб./комплект оборудования;

X_i, X_{i+1} — количество комплектов взаимозаменяемого оборудования по маркам или наименованиям i , шт.;

E_n — нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности капитальных вложений;

B_{γ} — планируемая партия изделий γ в номенклатуре продукции предприятия, профильная по операционным и технологическим процессам обработки на взаимозаменяемых комплектах оборудования, шт/год;

$t_{i\gamma}$ — коэффициент затрат времени обработки изделия γ -го наименования на взаимозаменяемых комплектах оборудования, станко-ч/шт., машино-ч/шт.

³ Р. Е. Говсиевич, Упрощенная оценка экономической эффективности внедрения станков с ЧПУ («Вестник машиностроения», 1976, № 1, стр. 83).

⁴ Э. В. Казарян, В. И. Карабегов, Оптимизация производственно-технологических структур («Промышленность Армении», 1975, № 7, стр. 58).

Разумеется, что знаменатель в формуле 1 должен быть ограничен следующим выражением:

$$\sum_{i=1}^T t_{i\tau} B_i \leq \Phi_i X_i \quad (2),$$

где Φ_i — фонд времени оборудования i или $i+1$, установленного на предприятии, станко-ч/год, машино-ч/год.

При увеличении номенклатуры продукции и снижении годового объема каждой из партии однотипных изделий может оказаться экономически эффективным применение менее производительных, но более дешевых комплектов оборудования, коэффициенты простоя которых на переналадку, проверку, капитальный и текущий ремонт значительно ниже, а фондоотдача и производительность труда — выше.

Действительно, под влиянием интенсивного освоения новых видов продукции за последние годы наблюдается расширение номенклатуры выпускаемых изделий, снижение серийности изготавливаемых узлов и деталей на каждом отдельно взятом предприятии. По оценке некоторых специалистов на каждый машиностроительный или приборостроительный завод приходится не более двух-трех поточных линий. Предприятия с индивидуальным и мелкосерийным типами составляют 2/3 от общего количества предприятий⁵. Создается как бы противоречие между стремлением к массовому и массово-поточному производству на основе специализации и объективной необходимостью расширения номенклатуры выпускаемых изделий. Это противоречие разрешается на основе унификации технологически однородной продукции и четкими требованиями по качеству выпускаемых изделий в номенклатуре. Если имеется ряд взаимозаменяемых комплектов оборудования, технологических или сборочно-монтажных поточных линий и участков, обеспечивающих изготовление данной номенклатуры продукции, необходима проверка всего ряда на возможность обеспечения нужного для потребителя качества всей продукции. Такая проверка позволит уточнить ряд взаимозаменяемых оборудования и номенклатуру выпускаемой продукции.

Таким образом, между качеством продукции в номенклатуре и эксплуатационно-техническими параметрами ряда взаимозаменяемых комплектов оборудования имеется тесная взаимосвязь, которую необходимо рассмотреть более подробно.

В первую очередь необходимо выяснить факторы, описывающие качество продукции на уровне единичного разделения труда, т. е. внутри предприятия, цеха и участка. С целью обеспечения единого уровня качества продукции разработана система стандартизации, которая устанавливает основные требования в области производства по способам и техническим средствам выполнения и контроля технологических процессов. Содержание стандартов должно обеспечивать оптимальность прини-

⁵ Е. М. Карлик, Я. Ш. Гельгор, Специализация и поточные методы производства, Л., 1974.

чаемых решений по разработке технологической документации производственного процесса и отдельных операций общего применения, правила и режима контроля параметров продукции и предметов труда с целью обеспечения качества однородных групп продукции, необходимой для потребителя. Основными видами стандартов в области технологии производства изделий, сборочных единиц, деталей и т. д. являются: стандарты на технологические процессы изготовления конкретных изделий; стандарты на отдельные технологические операции общего применения, которые предназначаются для использования в производстве и его подготовки в качестве рабочих документов; стандарты на технологические процессы изготовления типов или групп изделий, а также на отдельные виды работ, которые предназначены для использования в сфере подготовки производства при разработке рабочей технологической документации на новые изделия и при проведении работ по унификации технологических процессов; общетехнические стандарты (технологические нормы, методы станкоконтроля, правила, режимы, требования к исходным материалам и т. д.) Далее указывается область распространения стандарта или уточняется объект стандартизации.

Содержание таких стандартов охватывает всю совокупность единичного разделения труда внутри предприятия конкретной отрасли, т. е. исполнителя работ и окружающую его среду — квалификацию работающего, технологическую среду, безопасность и гигиену труда; требования к оборудованию, его подготовке и наладке, оснастке, инструменту и тара, к основным и вспомогательным материалам, к получаемым и поступающим на стандартизуемые операции изделиям.

Все эти требования находят свое отражение при составлении соответствующих разделов операционных, контрольных и маршрутно-контрольных карт, технологической документации и инструкций. В комплект технологической документации не включаются маршрутные карты всего технологического процесса, так как они отражают более высокую форму организации труда на предприятии, т. е. частную. Организационная оснастка также не вписывается, т. к. относится к обслуживающим или вспомогательным производствам.

Наиболее ответственной и важной частью операционной карты является раздел «Технологический процесс», который содержит описание трудовой деятельности, необходимой для выполнения операций. Здесь подробно даются приемы, необходимые для выполнения операций, и действия, их режим работ, обеспечивающих предупреждение и ликвидацию неполадок в технологической цепочке с целью не допустить брак при изготовлении партии или групп однотипных изделий. Далее, по контрольной карте, входящей в комплект документации на технологический процесс, проверяются данные об объекте контроля и дается информация о методах и средствах контроля.

В разделе «Оборудование, технологическая оснастка, инструмент, тара» содержится перечень всех видов применяемого на операции оборудования и т. д. с указанием марки, модели или шифра. При отсутствии

их в разделе «Технические требования» вводится пункт, а в конце стандарта помещается приложение, в котором приводится техническая характеристика этого оборудования.

В раздел «Сборочные единицы, детали, полуфабрикаты, материал» включен перечень всех предметов труда, необходимых для выполнения операций. Кроме этих основных разделов имеется еще и ряд других, которые учитывают организацию трудового процесса, технику безопасности и прочее.

Таким образом, основные разделы общетехнических стандартов определяются характером объекта стандартизации. Например, стандарты на требования к исходным материалам должны соответствовать требованиям ГОСТ-ов или ТУ, либо содержать следующие разделы: основные требования по параметрам материалов; технические требования по физико-механическим свойствам и качеству материалов; методы испытания; маркировка, упаковка, хранение и транспортировка.

Из приведенного краткого обзора системы стандартизации по способам и техническим средствам выполнения и контроля технологических процессов с целью оптимизации производства и обеспечения единого уровня качества продукции видно, что дается всесторонний охват факторов производства на уровне единичного разделения труда. Однако при выполнении различными предприятиями операций на нескольких видах взаимозаменяемых комплектов оборудования, технологических поточных линий и участков в соответствующем разделе стандарта приводится только одна единица наиболее совершенного и перспективного комплекта оборудования. Но, как видно из ранее проведенного анализа на экономическую эффективность взаимозаменяемого оборудования, в операционных картах необходимо указать ряд возможного к применению оборудования, обеспечивающего стандартный уровень качества выпускаемой продукции. Только в этом случае производство данной группы или вида продукции имеет экономическое содержание.

Следовательно, система требований по качеству производимой продукции и используемых сборочных единиц, полуфабрикатов и материалов (A_γ) является необходимым условием при выделении ряда взаимозаменяемых по эксплуатационно-техническим параметрам комплектов оборудования с необходимой для нормальной эксплуатации каждого из них технологической оснасткой, инструментом и тарой. При этом свойства A_γ должны быть присущи соответствующим комплектам оборудования, т. е. записывается следующая зависимость: $A_\gamma \in A_{x\gamma}$ (3). Если комплект оборудования предназначен только для производства продукции данного наименования γ , то имеет место строгое равенство $A_\gamma = A_{x\gamma}$ (4). Случай 4 является записью граничного состояния, удовлетворяющего требованию задачи, после чего наблюдается нарушение целевой установки по качеству продукции, т. е. имеет место соотношение $A_\gamma \ni A_{x\gamma}$ (5), где A_γ — система требований (система стандартов ГОСТ-ов, ОСТ-ов, ТУ и др.), предъявляемых к качеству продукции γ ; $A_{x\gamma}$ — свойства определенного количества x комплектов оборудования,

рабочих мест или участков i -го наименования, обеспечивающие выполнение системы требований по производству продукции γ нужного качества.

Однако приведенные выражения (3, 4) в свою очередь содержат множество требований, предъявляемых комплектами оборудования к воздействующим на него объектам на уровне выполнений отдельных операций и их обслуживания. Так например, в соответствующих разделах общетехнических стандартов, операционных и контрольных карт приводится перечень требований на уровне деятельности работающего, окружающей среды, режимов технологии, охраны труда и др., которые также должны быть учтены. Следовательно, от выражений (3, 4) необходимо перейти к более подробной записи требований к комплектам оборудования, их оснастке и таре, т. е.

$$B_{xi\gamma} = \bigcup_{\psi=1}^{\bar{\psi}} B_{xi\gamma}^{\psi} \mid A_{xi\gamma} \supset A_{\gamma}; \quad (6)$$

$$(\psi=1, 2, \dots, \bar{\psi}),$$

где $B_{xi\gamma}^{\psi}$ — требование, предъявляемое комплектом оборудования i к воздействующим на него объектам для сохранения свойства $A_{xi\gamma}$, гарантирующего выпуск продукции по системе требований A_{γ} ; ψ — индекс соответствующего требования; $B_{xi\gamma}$ — совокупность всех требований $B_{xi\gamma}^{\psi}$.

Рассмотрев по совокупности всех требований $B_{xi\gamma}$ каждый из комплектов оборудования, можно перейти к построению или выбору ряда взаимозаменяемых комплектов оборудования, эксплуатационно-технические параметры которых обеспечивают систему требований по качеству продукции. Такой ряд должен уже удовлетворять условию:

$$B_{\gamma} = \bigcup_i B_{xi\gamma} \quad (7)$$

B_{γ} — требование к ряду комплектов оборудования i , каждый из которых удовлетворяет совокупности требований $B_{xi\gamma}$ с целью сохранения свойства $A_{xi\gamma}$, гарантирующего выпуск продукции нужного качества A_{γ} в номенклатуре.

Полученное выражение (7) является существенно важным ограничением для формулы (1), указывающим на те комплекты оборудования, которые могут быть применены при решении задачи на их взаимозаменяемость.

Разумеется, что используя такую же логику рассуждений и изменив индексацию в приведенных выражениях, можно описать последовательность выбора сырья, полуфабрикатов, определенных видов ресурсов и др.. Теперь, используя полученные выше выражения, решим конкретную задачу следующего содержания.

Заданы годовые объемы B_{γ} различных по номенклатуре нежестких деталей типа тел вращения с конической, фасонной и закрытой поверхностями обработки, габаритные размеры которых по диаметру не более 40 мм, а длина может превышать диаметр не более чем в 15 раз. Класс точности обработки деталей равен 4 с пределом их прочности от 30—

90 кгс/мм², причем от 30 — 40 кгс/мм² — для В₁, В₂, В₃, В₄ и от 30 — 90 кгс/мм² для остальных наименований деталей В₅ по В₇. Нужно определить марки комплектов оборудования, на которых целесообразно изготовление данной продукции, выделить ту документацию, основываясь на которой можно определить оптимальный производственный процесс с обеспечением требуемого качества изготавливаемых групп деталей.

Решение задачи начнем с анализа заготовок, из которых должна быть изготовлена необходимая номенклатура продукции. Детали типа тел вращения с наружным диаметром менее 50 мм по трудоемкости изготовления составляют до 80% от деталей данного типа для приборостроительных заводов и изготавливаются из прутковых заготовок. Следовательно, выявляется зависимость 3, которая указывает на преимущественную принадлежность производства данных деталей к определенной отрасли машиностроения. Далее, исходя из пределов прочности деталей, можно определить марки заготовок. Так пределом прочности до 950 кгс/мм² обладает целая группа материалов: автоматные, углеродистые, инструментальные, хромистые, хромокремнемарганцовистые и близкие к ним стали. Однако, исходя из требований по прочности прутковых заготовок для деталей В₁ по В₄, мы обязаны выбрать материал латуни марки Л 62, ЛС-59-1 и др., предел прочности которых равен 30—40 кгс/мм², т. е. выполняется строгое равенство 4, и для В₅ по В₇ то же равенство выполняется относительно углеродистой стали. Для остальных материалов, если учесть требование жесткости деталей, имеет место соотношение 5. Документация по выделенным материалам обособляется для дальнейшего анализа производственного процесса.

Теперь необходимо определить ряд комплектов оборудования, на которых возможно производство данных деталей, и изыскать способы его сокращения на основе анализа эксплуатационно-технических параметров оборудования. На основе условия 7. выделяем ряд токарных станков, каждый из которых удовлетворяет совокупности требований по изготовлению деталей типа тел вращения определенных размеров и свойств. Однако этот ряд оборудования очень широк и включает в себя несколько групп токарных станков. Исходя из того, что выбранные размеры деталей наиболее трудоемкие, а годовой объем их производства значителен, целесообразно применять продольно-фасонные автоматы (ПФА), производительность которых в 5 раз выше по сравнению с токарными станками, а потребность в производственных площадях в 2,5 раза меньше. Группа ПФА состоит из следующих моделей автоматов: 1А10П, 1В10П, 1В10В, АД6А, 1П16, Торнос 6, 10, 13, 15, 17 и др.

Далее необходимо уточнить те модели автоматов, которые могут быть применены для производства деталей конкретных габаритов. Такое уточнение необходимо проводить в зависимости от требований, предъявляемых к изготавливаемым деталям со стороны точности и инструмента относительно обрабатываемой поверхности. Это вызвано тем, что добиться создания группы абсолютно геометрически подобных деталей почти невозможно, а унификация элементов обработки облегчает комплектацию групп комплектов оборудования. Объединение различ-

ных моделей автоматов в группы можно провести, например, на основе унификации конструктивных параметров кулачков вертикальных суппортов ПФА. Так, марки автоматов 1А1ОП, 1Б1ОП, 1Б1ОВ, АД6А, Торнос 6 и 10 имеют одинаковые унифицированные конструктивные размеры кулачков вертикальных суппортов, предназначенных для обработки деталей типа тел вращения диаметром до 50 мм. Следовательно, рассмотрев еще одно требование, мы по условию 7. уточнили марки ПФА.

Далее, исходя из габаритных размеров деталей, можно ориентировочно определить уровень их трудоемкости и сложности. Вновь применяя зависимость 3, и равенство 4. детали перегруппировываются по размерам до 16 мм., от 16 до 25 мм. и от 25 до 40 мм. по диаметру. На основе условия 6. увязываются габаритные размеры деталей с видами применяемых материалов. Зная среднюю трудоемкость изготовления деталей конкретных габаритов и класс точности, можно определить квалификацию работника и тарифную ставку оплаты его труда.

Таким образом, нам удалось уточнить все основные компоненты для решения задачи по формуле 1. с целью определения той марки ПФА, на котором с экономической точки зрения наиболее целесообразно изготовление деталей конкретных габаритов.

Из решения конкретной задачи видно, что благодаря выражениям 3—7 можно из всего имеющегося ряда комплектов оборудования выделить такую его часть, которая наиболее целесообразна для производства выбранной продукции. Далее, решая задачу на взаимозаменяемость комплектов оборудования данного ряда можно, во-первых, уточнить годовые объемы выпускаемой продукции по номенклатуре, меньше которого требования по качеству и приведенным затратам не выполняются. Этот годовой объем продукции по номенклатуре фактически будет равен производительности стоящего в конце выделенного эксплуатационно-технического ряда комплекта оборудования.

Во-вторых, позволит определить ряд свойств материалов, полуфабрикатов, сборочных единиц, применение которых не нарушит требования по качеству, предъявляемые к производимой продукции.

В-третьих, позволит определить структуру ряда квалификаций работающих на оборудовании или в бригаде, которая может обеспечить нормальную его эксплуатацию с обеспечением требуемого качества продукции.

В-четвертых, можно определить основные параметры окружающей среды, микроклимата, транспортировки и хранения продукции и др..

Таким образом, варианты взаимозаменяемости комплектов оборудования, рабочих мест или участков показывают на весь диапазон вариации по трудовым и материальным ресурсам в рамках производства данной продукции. Определение таких диапазонов взаимозаменяемости на основе эффективности комплектов оборудования и качества продукции особенно важно на стадии проектирования, организации и реконструкции производственно-технологических структур предприятий и объединений. Для этого необходимо иметь операционные карты тех ком-

плектов оборудования, которые будут выделены на основании выражений (3—7). Далее необходимо иметь основные технико-экономические показатели по каждому из выбранных комплектов оборудования, на основе которых определяются показатели будущего предприятия по производству выбранной унифицированной номенклатуры продукции.

Основываясь на объеме информации, нижний предел которого определяется требованием к качеству продукции, используя систему экономико-математических моделей и средства вычислительной техники, можно с определенной степенью погрешности определить эффективность формируемого производства на выпуск заданной продукции.

**ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԻ ՓՈԽԱՐԻՆԵԼԻՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԹՈՂԱՐԿՈՂ
ԱՐՏԱԴՐԱՆՔԻ ՈՐԱԿԸ**

ԷԴՈՒԱՐԴ ՂԱԶԱՐՅԱՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

ՍՄԿԿ XXV համագումարը սահմանել է 10-ըդ հնգամյակի էությունը՝ որպես որակի և արտադրական-տեխնոլոգիական պոտենցիալի արդյունավետ օդտադործման հնգամյակ: Նոր աեսակի արտադրանքի ներդրումը հանգեցնում է թողարկվող արտադրանքի անվանացանկի ընդլայնմանը, որն ստեղծում է թվացող հակասություն մասնագիտացված մասսայական արտադրության և այդ պրոցեսի միջև: Այս հակասությունը վերացնելու համար հարկավոր է հիմնվել տեխնոլոգիայի համասեռ ունիֆիկացված արտադրանքի վրա, որն արտադրվում է կոմպլեքս սարքավորումների միջոցով՝ հստակ պահանջելով արտադրանքի որակի որոշակի ցուցանիշներ: Բազմությունների տեսության որոշ գրվածքների կիրառումը թույլ է աալիս որոշելու սերա կապը արտադրանքի որակի (որը պատկանում է տվյալ անվանացանկին) և փոխադարձ փոխարինվող սարքավորումների շահագործման տեխնիկական պարամետրերի միջև: Այդ կապը ապացուցվում է պտտման մարմինների տիպի դետալների արտադրության օրինակով, որոնց արտաքին տրամագիծը մինչև 50 մմ է, մշակման ճշտության նաոոո հավասար է 4-ի, իսկ ամրության սահմանը՝ 30—90 կգս/մմ²: