

УДК 658.011.56

А. А. Дородов, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова
К. И. Замятин, кандидат технических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

А. П. Кузнецов, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Проводится сравнительный анализ методов проектирования производственных систем машиностроительных предприятий, а также представлен метод проектирования, основанный на конструктивно-технологической сложности выпускаемых деталей.

Ключевые слова: производственная система, вариант структуры-стратегии, модель синтеза.

Разработка методов проектирования производственных систем необходима для повышения производительности производства, увеличения количества изготавливаемых деталей, сокращения ручного труда, повышения качества деталей и снижения трудоемкости.

В данной статье рассматриваются методы проектирования производственных систем, которые используются на предприятиях, и представлена модель синтеза вариантов структур-стратегий производственных систем (ПС) машиностроения, разработанная с целью внедрения данной модели на предприятии.

Цель данной модели – повышение модернизации машиностроительных теоретических основ эффективности предприятий автоматизации выбора путем процессов разработки технологического и информационного обеспечения структур-стратегий ПС машиностроения с учетом конструктивно-технологических элементов деталей, входящих в НМ предприятия.

На сегодняшний день наиболее распространенными методами проектирования производственных систем машиностроительных предприятий являются методы, показанные на рис. 1.

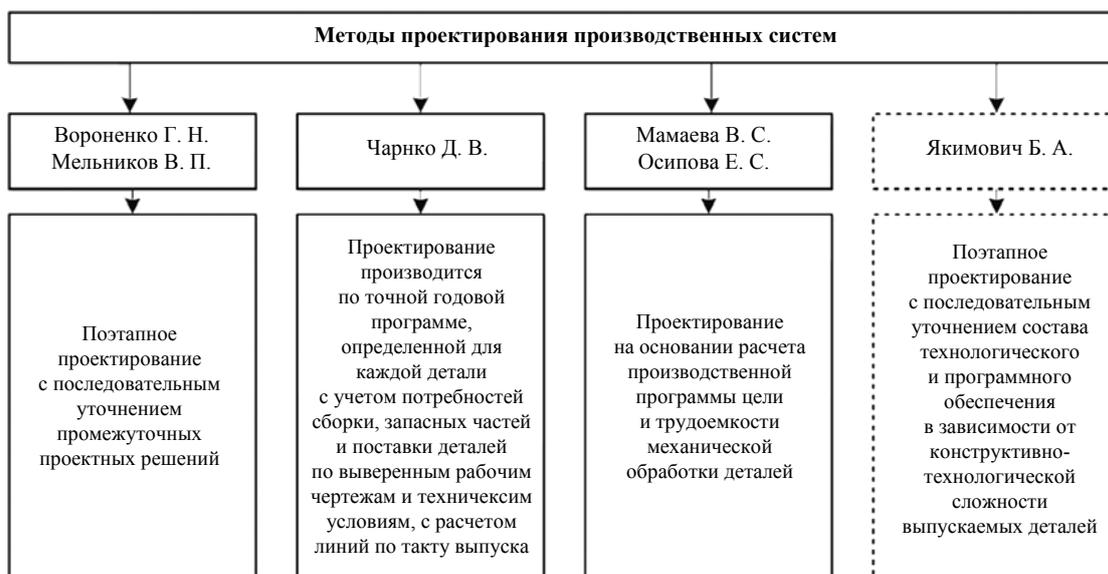


Рис. 1. Методы проектирования производственных систем машиностроительных предприятий

Метод проектирования Вороненко Г. Н., Мельникова В. П. подразумевает поэтапное проектирование с последовательным уточнением промежуточных данных и включает следующие этапы [1]:

- предпроектные работы;
- определение состава и количества основного технологического оборудования.
- проектирование цехов и участков.

Метод применим для поточного и непоточного производства.

Предпроектные работы производятся в два этапа и включают предпроектное обследование, разработку технико-экономического обоснования и разработку и утверждение технической заявки на создание и внедрение производственной системы.

Основная цель обследования – изучение производственных, материальных, финансовых и людских ресурсов действующего производства.

Технико-экономическое обследование должно содержать краткую оценку текущего состояния про-

изводственной системы (ПС), ее готовности к преобразованию и данные о предлагаемых масштабах и последовательности внедрения с учетом спецификации обследуемого предприятия и выпускаемой им продукции.

В технико-экономическом расчете содержатся основные параметры ПС (станкостоемость, трудоемкость, численность персонала, состав и количество оборудования, потребность в площади и т. д.).

В технической заявке разрабатывают план-график работ по созданию ПС, этапы и сроки их выполнения, начиная с заключения договора и заканчивая опытной эксплуатацией.

При проектировании нового цеха необходимо обеспечить высокие технико-экономические показатели производства.

Основным критерием при выборе состава оборудования цеха являются минимальные приведенные затраты (З) на годовой выпуск [1]:

$$З = С + E_n K,$$

где С – себестоимость годового выпуска; $E_n = 0,15$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; К – капитальные вложения, рассчитанные на годовой объем продукции, которые включают стоимость оборудования, инструмента, зданий, затраты на незавершенное производство, жилищное и культурно-бытовое строительство.

В ходе проектирования создается несколько проектных решений, как отдельных элементов, так и всей производственной системы в целом.

Глобальным критерием выбора оптимального проектного решения должен быть показатель приведенных затрат на изготовление изделий заданной программы выпуска в течение года.

Интегральный показатель оценки качества проектного решения определяется как сумма частных показателей [1]:

$$W_{и} = \sum_{j=1}^m W_j k_j,$$

где k_i – весовой коэффициент при i -м частном критерии; m – количество частных критериев; W_i – частные критерии.

Каждый вариант проектного решения производственной системы формируется путем однократного прохождения всех блоков схемы. При многократных циклах разрабатывают несколько вариантов, причем разработка каждого последующего варианта проектного решения производится только после анализа результатов предыдущего проектного решения. Выбор оптимального варианта решения происходит по принятой системе критериальной оценки. Число разработанных вариантов зависит от уровня унификации проектных решений, сложности объекта проектирования и уровня автоматизации проектных операций.

Состав и число работающих механических и сборочных цехов определяются характером производственного процесса, степенью его автоматизации,

уровнем кооперации и специализации вспомогательных служб в масштабах корпуса или завода, структурой и степенью автоматизации системы управления производством.

Последний метод представлен Чарнко Д. В. Особенности методики проектирования производства состоят в том, что разработка технологии производится по точной годовой программе $П_d$, определенной для каждой детали с учетом потребностей сборки, запасных частей и поставки деталей по кооперации – по выверенным рабочим чертежам и техническим условиям, с расчетом линий по такту выпуска [2].

В данном методе заключены следующие этапы [2]:

- определение структуры технологических операций обработки деталей;
- расчет загрузки оборудования в поточных линиях механической обработки;
- планировка оборудования. Уточнение компоновки отделений и всего корпуса;
- расчет количества работающих;
- технико-экономические показатели проекта механического цеха и пояснительная записка.

Перед разработкой технологии необходимо определить:

- какое специализированное или специальное оборудование следует заказать на стороне, в частности, отечественное или импортное; указать характеристики такого оборудования;
- возможность внесения улучшения в технологичность конструкций деталей изделий для повышения эффективности процессов механической обработки;
- каковы должны быть требования к заготовкам, получаемым по кооперации.

При рассмотрении обработки корпусных деталей показаны три основных способа работы: последовательный, параллельно-последовательный и параллельный.

Расчетное количество оборудования (станков) определяется по их загрузке [2]:

$$З_c = \frac{t_{шт}}{T_K} 100 \%,$$

где $t_{шт}$ – штучное время; T_K – такт выпуска деталей.

Планировка размещения оборудования является одним из последних этапов разработки технического проекта цеха и всего корпуса механических и сборочных цехов.

Расчетное количество рабочих-станочников $P_{с.р}$ в двух сменах определяется в зависимости от принятого количества станков в проекте по следующей формуле [2]:

$$P_{с.р} = \frac{\Phi_d N_{пр} K_{30}}{\Phi_{д.р} K_m},$$

где Φ_d – действительный фонд времени работы одного станка (равный при двухсменной работе 4015 ч); $N_{пр}$ – принятое количество станков по проекту;

K_{30} – коэффициент загрузки станков, для механизированных линий можно принять равным 0,8–0,85; $\Phi_{др}$ – действительный фонд времени работы рабочего в году (1860 ч при 15-дневном или 1840 ч – при 18-дневном годовом отпуске); K_m – коэффициент многостаночного обслуживания.

Проект механического цеха заканчивается составлением технико-экономических показателей и пояснительной записки. Технико-экономические показатели сводят в таблицу, в которой для сравнения приводятся соответствующие фактические данные по заводу до его реконструкции или, если проектируется новый завод, то данные аналогичного лучшего завода или проекта завода, утвержденного ранее.

Следующий метод проектирования, представленный в этой статье Мамаевым Е. С. и Осиповым В. С., основан на расчете производственной программы цеха и трудоемкости механической обработки деталей. Данный метод включает в себя 5 основных этапов [3]:

- определение типа производства;
- определение производственной программы цеха;
- определение трудоемкости механической обработки;
- определение количества основного производственного оборудования;
- определение количества работающих механического цеха.

Показателями для определения типа производства служит такт выпуска изделий и коэффициент серийности.

Величина такта выпуска изделий определяется по формуле [3]

$$\tau = \frac{60\Phi_c}{D} \text{ мин/шт.},$$

где Φ_c – действительный годовой фонд времени работы станка, ч; D – годовой выпуск деталей, шт.

В зависимости от типа производства определяется производственная программа, которая может быть 3 видов: точной – для массового и крупносерийного, приведенной – для единичного, мелкосерийного и серийного производства, условной – при проектировании цехов для обработки деталей изделий, конструкции которых еще не разработаны, и точная номенклатура изготавливаемых цехом изделий неизвестна.

Трудоемкость обработки деталей определяется следующими методами: по технологическому процессу; методом сравнения; по заводским нормам или по материалам ранее выполненным проектам; по технико-экономическим показателям; по типовым нормам.

При определении количества оборудования цехов серийного производства точным способом расчет ведется по каждому типоразмеру станка на основе подсчета годовой трудоемкости обработки всех деталей, закрепленных за данным типом станка, и дей-

ствительного фонда времени работы оборудования, при принятом числе смен его работы.

Количество станков определяется по формуле [3]

$$C_p = \frac{T_k}{\Phi_c}.$$

В зависимости от типа производства и требуемой точности применяются различные методы расчета количества производственных рабочих цеха.

Количество рабочих P рассчитывается по формуле [3]

$$P = \frac{T}{\Phi_p},$$

где T – трудоемкость годового выпуска изделий, чел.-ч; Φ_p – действительный годовой фонд времени работы рабочего, ч.

Важным условием для качества проекта является уровень механизации и автоматизации производства, для определения которого служат следующие показатели: степень охвата рабочих механизированным трудом; уровень затрат механизированного труда в общих трудовых затратах; уровень механизации и автоматизации производственных процессов.

Предложенная модель выбора технологического и информационного обеспечения структур-стратегий конструктивно-технологических процессов позволяет сопоставить параметры элементов деталей параметрам технологического и информационного обеспечения структур-стратегий ПС машиностроения.

Общая модель синтеза вариантов структур-стратегий может иметь вид [4]

$$ST \rightarrow A \rightarrow \sigma \rightarrow F,$$

где ST – ситуация принятия решения – внешнее состояние; A – методика выбора информационных и технологических элементов структур-стратегий ПС машиностроения; σ – обобщенный критерий выбора вариантов структур-стратегий; F – решение, определенное на допустимом множестве решений.

Синтез вариантов технологического обеспечения структур-стратегий осуществляется в несколько этапов (рис. 2).

На первом этапе синтеза осуществляется оценка состояния основных фондов машиностроительного предприятия. Степень физического износа основных фондов характеризуется величиной уменьшения их стоимости, а также может быть выявлена по времени эксплуатации, объемам выполняемых работ и техническому состоянию [5].

Коэффициент физического износа основных фондов может быть определен следующим образом [5]:

$$K_{и.ф} = \frac{A}{\Phi},$$

где A – сумма износа основных фондов, руб.; Φ – первоначальная стоимость основных фондов, руб.

Данный коэффициент может быть определен также следующим образом [5]:

$$K_{и.ф} = \frac{T_{ф}}{T_{н}}$$

где $T_{ф}$ и $T_{н}$ – фактический и нормативный срок службы основных фондов соответственно.

Величина уменьшения стоимости основных фондов по техническому состоянию устанавливается на

основании экспертной оценки специалистами путем оценки состояния отдельных узлов оборудования и исчисления средневзвешенного процентного износа [5, 6].

Коэффициент износа основных фондов используется на последнем этапе синтеза вариантов структур-стратегий, при этом для нового оборудования данный коэффициент принимается равным 0.

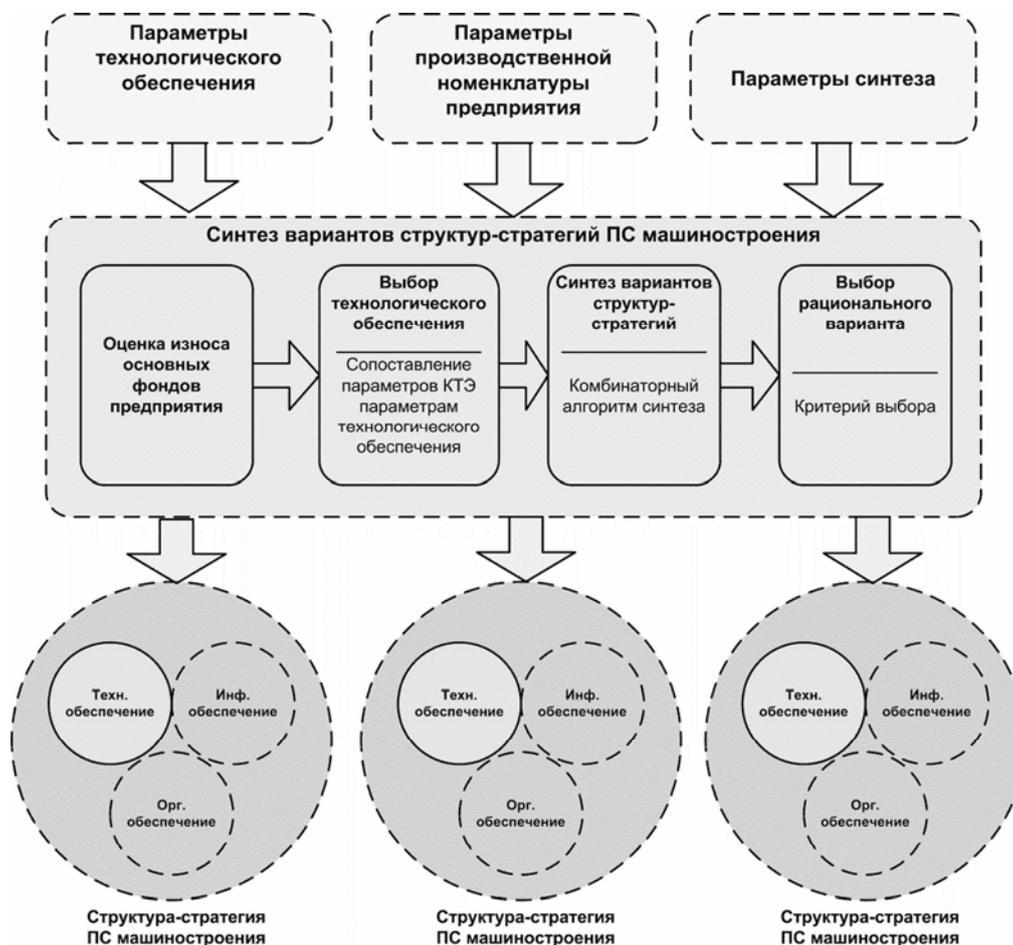


Рис. 2. Этапы синтеза вариантов технологического обеспечения структур-стратегий ПС машиностроения

На втором этапе синтеза осуществляется выбор технологического обеспечения, при этом учитываются параметры не только нового, но и параметры работающего на предприятии оборудования с учетом суммы его остаточной стоимости.

В качестве входных данных алгоритм выбора технологического обеспечения использует множество A' , содержащее набор параметров оборудования, обеспечивающего выполнение технологических операций для производства заданной номенклатуры [7, 8, 9].

На третьем этапе осуществляется комбинаторный синтез вариантов технологического обеспечения. В зависимости от типа оборудования все элементы множества A' подлежат группировке в m упорядоченных множеств $t_i \in T$, при этом каждое такое множество содержит станки, относящиеся к одной и той же группе технологического оборудования. В этом случае количество вариантов структур-стратегий ПС машиностроения будет равно сумме комбинаторных

конфигураций, полученных сочетанием всех элементов ранее сформированных множеств (рис. 3).

Учитывая, что в сформированные варианты структур-стратегий ПС машиностроения войдет оборудование разной ценовой категории, необходимо осуществить отсеечение вариантов, не удовлетворяющих финансово-экономическим потребностям предприятия. Такое отсеечение производится в зависимости от суммарной стоимости каждого варианта технологического обеспечения, вошедшего в синтезируемое множество [10].

На последнем этапе синтеза осуществляется выбор рациональных вариантов, которые войдут в финальное множество и будут предложены лицу, принимающему решения. Оценка и выбор рациональных вариантов осуществляется с использованием критерия σ . В качестве основы предложенного критерия была использована его обратная зависимость от стоимости и прямая зависимость от производитель-

ности синтезированных вариантов. Такая зависимость позволяет произвести качественную оценку эффективности синтезированных вариантов и необходима для автоматизации синтеза вариантов структур-стратегий. Для оценки вариантов, содержащих уже работающее на предприятии оборудование, данный критерий учитывает также коэффициент физического износа основных фондов.

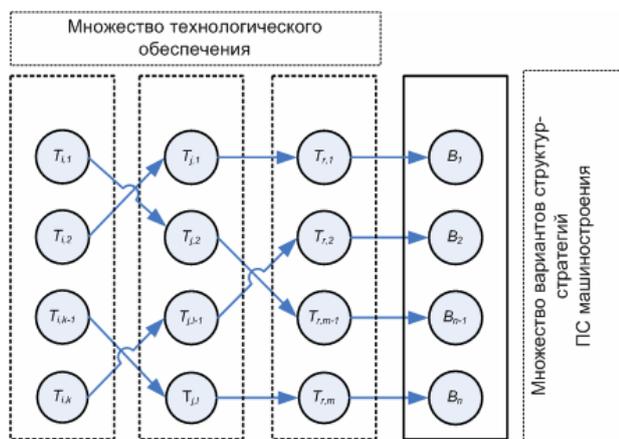


Рис. 3. Синтез вариантов структур-стратегий ПС машиностроения

Усовершенствованная модель синтеза вариантов структур-стратегий ПС машиностроения ориентирована на использование определенным кругом специалистов и позволяет максимально гибко произвести модернизацию существующей производственной системы с учетом как существующего, так и нового технологического оборудования [11].

Данный метод модернизации производственной системы машиностроения наиболее качественно проработан в плане номенклатурной модели на основе теории конструктивно-технологической сложности. Он позволит производить выбор технологического и информационного обеспечения производственных систем машиностроения в автоматизированном режиме.

Библиографические ссылки

1. Мельников Г. Н., Вороненко В. П. Проектирование механосборочных цехов. – М., 1990. – С. 39–140.
2. Чарнко Д. В., Хабаров Н. Н. Основы проектирования механосборочных цехов. – М., 1975. – С. 67–137.
3. Мамаев В. С., Осипов Е. Г. Основы проектирования машиностроительных заводов (цехи механосборочного производства). – М., 1974. – С. 119–205.
4. Замятин К. И. Разработка автоматизированной системы выбора технологического и информационного обеспечения структур-стратегий производственных систем машиностроения : дис. ... канд. тех. наук. – Ижевск, 2010. – С. 28–29.
5. Бабук И. М. Экономика предприятия. – Минск : Белорусская государственная политехническая академия, 2000. – 131 с.
6. Оценка машин, оборудования и транспортных средств : учеб.-метод. пособие / А. Н. Асаул, В. Н. Старинский, А. Г. Бездудная, П. Ю. Ерофеев ; под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. А. Н. Асаула. – СПб. : Гуманистика, 2007. – 296 с.
7. Замятин К. И., Кузнецов А. П. Выбор технологических элементов структур-стратегий производственных систем машиностроения // Изв. Самарского науч. центра РАН. – Самара, 2009. – С. 292–295.
8. Якимович Б. А., Коршунов А. И., Кузнецов А. П. Теоретические основы конструктивно-технологической сложности изделий и структур-стратегий производственных систем машиностроения : монография. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2007. – 280 с.
9. Теория сложности / Ю. С. Шарин, Б. А. Якимович, В. Г. Толмачев, А. И. Коршунов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1999 – 132 с.
10. Замятин К. И., Кузнецов А. П. Комбинаторный алгоритм синтеза вариантов структур-стратегий производственных систем машиностроения // Вестник ИжГТУ. – 2012 – № 4. – С. 171–173.
11. Замятин К. И., Кузнецов А. П. Усовершенствованная модель синтеза вариантов технологического обеспечения структур-стратегий производственных систем машиностроения. – 2009. – 7 с.

A. A. Dorodov, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

K. I. Zamyatin, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

A. P. Kuznetsov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Methods of Production Systems Design

The article describes the comparative analysis of production systems design methods for mechanical enterprises. The design method based on the design and production complexity of the manufactured parts is also presented.

Keywords: industrial system, variants of structure-strategy, synthesis model.

Получено 21.10.2014