

УДК 621.9-114

Расчет необходимого количества оборудования проектируемых технологических комплексов в машиностроении с учетом факторов производственной неопределенности

И.Л. Волчкевич

Обоснована актуальность проблемы учета производственной неопределенности при расчете необходимого количества оборудования. Проведен анализ возможных неопределенностей и их влияния на состав оборудования. Приведены методический подход и математический аппарат, а также пример расчета необходимого количества оборудования в условиях многономенклатурного часто переналаживаемого производства.

Ключевые слова: проектирование предприятий машиностроения, производственная неопределенность, резервирование, прогнозирование производственной программы, выбор состава оборудования.

The article considers the problem of taking into account the industrial uncertainty factors to be urgent when calculating the required machinery quantity. Possible uncertainties and their influence on the equipment configuration have been analyzed. A new approach and mathematical technique as well as an example of machinery quantity calculation have been presented.

Keywords: designing of machinery manufacturing facilities, industrial uncertainty, reservation, prediction of industrial programs, selecting equipment configuration.

Современное машиностроительное производство характеризуется быстрым изменением номенклатуры, характеристик и объемов выпускаемой продукции равно как и требований к качеству изделий и входящих в них деталей. Если ранее производственная программа могла считаться известной на весь срок эксплуатации проектируемого технологического комплекса (ТК), как по количественным, так и по качественным критериям, то в настоящее время существенными являются факторы производственной и рыночной неопределенности, не учитывать которые при проектировании ТК уже не представляется возможным.

Предвидеть количество и характер заказов на производство конечной продукции даже на период проектирования, изготовления, монтажа, пусконаладки новых технологических комплексов, тем более — на сроки их эксплуатации, невозможно. Следовательно, в проектах комплексов должны предусматриваться возможности резервирования хотя бы на уровне дополнительных площадей, оцениваться масштабы такого резервирования. Однако ни одна методика определения состава основ-



ВОЛЧКЕВИЧ
Илья Леонидович
кандидат технических наук, доцент, зам. зав. кафедрой «Технология машиностроения» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ного технологического оборудования [1—3] подобных подходов не содержит.

Что может серьезно измениться за время эксплуатации ТК? Возможны различные изменения, как количественные, так и качественные, которые можно разделить на неопределенности внешние и внутренние. Внешние неопределенности влияют на необходимое время работы оборудования, внутренние — на время, достижимое в рамках выбранного состава и структуры для определенного типа производства. Их соотношением и будет определяться необходимое количество оборудования каждого типа.

Внешние неопределенности могут обусловить:

- изменение рыночной конъюнктуры, нарастание или падение общего объема заказов;
- изменение масштабов выпуска изделий предприятием и сроков поставки при сохранении номенклатуры, что влечет за собой изменение объемов выпуска деталей в рамках проектируемого ТК;
- изменение номенклатуры выпускаемых изделий с сохранением их технологического подобия;
- изменение требований к параметрам качества изделий;
- частичный или полный переход предприятия на выпуск иной продукции, интенсивность освоения новых изделий.

Внешние неопределенности могут прогнозироваться современными математическими методами — методом доверительных вероятностей и доверительных интервалов.

Неопределенности внутренние также обусловлены рядом факторов, в том числе:

- возможными простоями оборудования по техническим или организационным причинам;
- наладочными процессами, включая освоение новых, ранее не изготавливавшихся деталей и «возвратные» переналадки, оптимальное число которых заранее точно определить невозможно.

Внутренние неопределенности можно учесть через коэффициенты экстенсивного использования ($K_{э.и}$), которые определяются в результате производственных исследований, проводимых для разных типов оборудования

и различных типов производства. Полученные значения коэффициентов экстенсивного использования также могут быть представлены в виде доверительных интервалов.

Возможны два пути получения вариантов значений необходимого количества оборудования:

- 1) прогностический расчет с определением математического ожидания и доверительного интервала значений искомой величины;
- 2) расчет минимальных и максимальных значений, исходя из интервалов варьирования исходных данных.

При решении задач проектирования ТК второй путь представляется предпочтительным, как с точки зрения минимизации и упрощения вычислений, так и вследствие удобства использования полученных результатов. Таким образом, задачей разрабатываемого математического аппарата будет расчет минимального ($C'_{p \min}$) и максимального ($C'_{p \max}$) значений необходимого количества оборудования каждого из типов.

Предлагаемую методику расчетов иллюстрирует рисунок. На нем представлены зависимости расчетных значений производственных программ (выраженных для определенного типа оборудования через станкочемкость T_c) от количества оборудования данного типа (C'_p) при различных уровнях внутренней неопределенности. Внутренняя неопределенность задается через различные значения коэффициента экстенсивного использования оборудования. Теоретическая зависимость на рисунке иллюстрирует общепринятую методику расчета [1], когда по номинальной программе ($T_{c \text{ ном}}$) вычисляется расчетное число станков (C'_p) без учета неопределенностей, как внешней, так и внутренней ($K_{э.и} = 1$).

При наличии неопределенностей существует интервал прогнозируемых значений программы выпуска ($T_{c \min} \dots T_{c \max}$), симметричный относительно $T_{c \text{ ном}}$, а также две различные зависимости достигаемой станкочемкости от числа оборудования, определяемые значениями $K_{э.и \min}$ и $K_{э.и \max}$.

Заштрихованная область на рисунке показывает множество возможных вариантов для

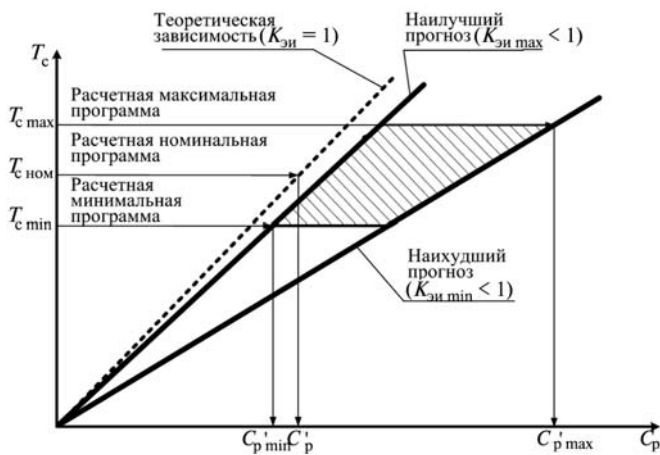


Рисунок. Принцип расчета необходимого количества оборудования в условиях производственной неопределенности

выбора количества оборудования и соответствующей ему расчетной достигаемой производственной программы.

Исходя из рисунка, можно составить зависимости для расчета $C'_{p min}$ и $C'_{p max}$:

$$C'_{p min} = \frac{T_{c min}}{\Phi_{д.о} K_{э.и max}}; \quad (1)$$

$$C'_{p max} = \frac{T_{c max}}{\Phi_{д.о} K_{э.и min}}, \quad (2)$$

где $\Phi_{д.о}$ — действительный фонд времени работы оборудования.

В качестве примера проведем расчет необходимого количества оборудования по разным методикам для одного и того же участка фрезерных станков с ЧПУ. Производственная программа участка на ближайший год составляет 107 различных деталей с суммарной станкоемкостью от 0,92 до 1 526,8 ч (многономенклатурное маломасштабное часто перенастраиваемое производство, участок построен по технологическому принципу). Суммарная необходимая станкоемкость, с учетом отладок, составляет 11 763 ч. Тогда традиционная методика дает расчетное число станков $C_p = 3,02$, а предлагаемая методика, согласно формулам (1) и (2), $C'_{p min} = 2,64$; $C'_{p max} = 5,95$.

Полученный интервал возможных значений количества оборудования является исходным для процесса принятия решения — выбора того количества, которое будет заложено в проект, и стратегии резервирования. При этом выбор минимального количества ($C'_{p min}$) может привести к невыполнению производственной программы, а выбор максимального ($C'_{p max}$) — к малой загрузке и существенным простоям оборудования. Оценка допустимости и значимости рисков каждого рода должна вестись по экономическим критериям, с расчетом оптимального значения, которое, после округления, и будет принятым (C_p).

Расчеты показывают, что при одной и той же номинальной производственной программе число необходимого оборудования может отличаться в несколько раз при различных уровнях неопределенности. Поэтому одной из основных задач при проектировании и эксплуатации ТК является снижение уровней неопределенности, как внешней, так и внутренней.

По-видимому, наилучшим вариантом технической политики в области создания ТК на современном этапе, с учетом стоимости и скорости обновления модельного ряда оборудования, является их построение по «минимальной» схеме, но с резервными площадями по всем позициям. Это облегчает первоначальный этап пуска и освоения ТК, возможно, с ограниченной номенклатурой и количеством принимаемых заказов.

Литература

1. Вороненко В.П., Мельников Г.Н. Проектирование механосборочных цехов. М.: Машиностроение, 1990. 352 с.
2. Иванов В.П. Проектирование производственных участков в машиностроении: Практикум. Минск: Техноперспектива, 2009. 224 с.
3. Борисов С.Р., Васильев В.Н. Основы предпринимательства и организации производства / Под ред. В.Н. Васильева. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2000. 752 с.

Статья поступила в редакцию 15.09.2011