

МОДЕЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Проблема создания современных систем управления на промышленных предприятиях с использованием компьютерной техники, эффективных информационных технологий и методов математического моделирования, учитывающих принципы рыночной экономики и стратегии развития производственных, материальных, трудовых и информационных ресурсов, является чрезвычайно трудоемкой и требует решения целого ряда принципиально новых комплексов задач, отражающих многообразие процессов как в самих системах предприятий, так и в их связях с внешней средой.

Рыночный спрос и потребности заказчиков продукции предприятия являются одним из основных условий функционирования производства и определения структуры ассортимента выпускаемой продукции. Такие структурные условия (ассортиментные соотношения) определяют тесноту связей между интенсивностями выпуска (но не производства) для различных номенклатурных подмножеств. Естественно, что эти соотношения должны определяться рыночными условиями, в которых функционирует предприятие, располагающее более точной информацией о своих ресурсных возможностях и поступивших заказах на различные модификации изделий.

Важным направлением в производственно-хозяйственной деятельности машиностроительных предприятий рассматриваемого класса является увеличение предметной

специализации производства изделий, включенных в портфель заказов. От степени предметной специализации существенно зависят ресурсные возможности предприятия.

Известно, что максимальная специализация производства продукции по периодам эквивалентна повышению серийности производства. Следовательно, концентрация выпуска уменьшает номенклатуру одновременно находящихся в производстве изделий, позволяет укрупнять на этапах оперативного планирования размеры партий заготовок, деталей и сборочных единиц. Это значительно сокращает номенклатуру используемых в производстве материалов, а также общие затраты времени на переналадку оборудования, за счет чего повышается производительность труда.

Объемы товарной продукции, входящие в номенклатурную группу, определенную предметной специализацией цеха или участка, как правило, обусловлены ресурсным обеспечением формирования плана выпуска изделий. Таким образом ресурсная группа условий определяется.

Решение важнейших задач поиска оптимальных вариантов планов предприятий, их оптимальное распределение по составляющим временным плановым периодам, оптимизация размещения отдельных изделий по цехам с учетом максимальной предметной специализации обуславливают необходимость использования экономико-

математических методов управления. Оптимизация варьирования производственных возможностей увеличения предметной специализации на базе новых информационных технологий как раз и призвана решать самые сложные задачи согласования условий функционирования предприятия с целевыми требованиями.

Практика показывает, что классические модели принятия решений всегда являются оптимизационными, так как нацелены, как правило, на максимизацию прибыли. Они построены таким образом, чтобы можно было использовать оптимизационный алгоритм и получить оптимальную практическую рекомендацию. Их недостаток заключается в вынужденном упрощении действительности, поскольку определение параметров модели должно быть ориентировано на обеспечение возможности выработки решений. Поэтому полученные рекомендации часто теряют практическую ценность. Этим объясняется, почему экономическая практика относится к ним скептически. Тем не менее оптимизационные модели по сравнению с интуитивными умозрительными моделями менеджеров имеют значительные преимущества [22, 78].

Заметим, что несмотря на значительное количество разработанных экономико-математических методов и моделей формирования планов производства продукции с учетом имеющихся ресурсов и конкретных требований специализации производства для машиностроительных предприятий многие из них либо не вышли за рамки чисто теоретических, либо еще недостаточно эффективно используются в практике планирования в условиях нестабильности рынка и изменчивости внешней среды [4, 5].

Основные организационные сложности при использовании этих методов на предприятиях возникают, по нашему мнению, не из-за ограниченных возможностей самих математических методов, а вследствие таких причин:

низкого качества используемых моделей;

модельное обеспечение принятия важнейших управленческих решений еще явно отстает от методов реализации используемых моделей;

недостаточной обоснованности выбора принципиальных типов моделей, их переусложненности, недоучета существенных технологических и экономических требований;

не всегда верного отображения специфики моделируемых объектов и процессов (в особенности первичных – технологий и планов производства).

Указанные причины можно трактовать как отдельные стороны общей проблемы моделирования в управлении дискретным производством, проблемы математической формализации реальных производственных и ресурсных возможностей предприятий, и это правомерно, так как при значительной неадекватности используемых моделей нельзя ожидать и научной обоснованности, и практической ценности получаемых плановых решений. Так, например, не вполне эффективно реализуемые модели оптимизации текущих и оперативных планов с учетом предметной специализации для крупных дискретных производств (машиностроительных предприятий с мелкосерийным и индивидуальным характером выпуска продукции) обусловлены, прежде всего, неполнотой экономических постановок оптимизационных задач, нечеткими компонентами модельной базы, отображающей особенности данного вида производств с длительными циклами

изготовления продукции и состояние ресурсного обеспечения.

Основным этапом совершенствования системы планирования на предприятии является разработка модели определения оптимальных календарных периодов, запуск изделий в которых позволит рассчитывать максимальную загрузку оборудования с учетом предметной специализации и партионности запуска деталей на основе выработанных приоритетов включения изделий в план производства. При этом необходимым является выполнение условия предельно допустимых колебаний, базирующееся на нормативах технологической структуры изделий и обеспечивающее возможности расчета максимальной загрузки основного оборудования при формировании текущих планов производства.

Эффективным представляется конструирование моделей формирования планов производства продукции и их распределение по конкретным плановым периодам, а также расчеты по укрупнению партий запуска в цехах механосборочного производства. При формировании текущих и оперативных планов у планово-производственной службы предприятия ПДО (планово-диспетчерский отдел завода, АРМ-диспетчер), ПРБ (планово-распределительное бюро цеха, АРМ-плановик) имеется возможность максимально увеличить предметную специализацию цеха и участков:

на этапе текущего планирования коэффициент предметной специализации увеличивается за счет партионности запуска изделий в производство;

на стадии формирования оперативных производственных программ существенным является определение оптимальных партий запуска деталей в обработку.

Как известно, традиционные подходы к формированию планов производства на конкретные календарные периоды характеризуются: заведомым разбиением всего планового интервала на эти периоды, установлением ограничений по фондам работы оборудования для каждого из них; определением необходимого количества трудовых ресурсов по соответствующим специальностям; расчетом потребности в материальных ресурсах на каждый календарный период соответствующей номенклатуры; введением в модели различной жесткости ограничений по допустимым колебаниям основных технико-экономических показателей [1, 2, 3].

Анализ процессов планирования на предприятиях машиностроительного комплекса показывает, что многие разработанные модели дают возможность отражать не только загрузку производственного оборудования, необходимую при формировании текущих и оперативных планов, но и коэффициенты предметной специализации. Как известно, традиционные подходы к формированию планов производства на конкретные календарные периоды характеризуются:

заведомым разбиением всего планового интервала на эти периоды, установлением ограничений по фондам работы оборудования для каждого из них;

определением необходимого количества трудовых ресурсов по соответствующим специальностям;

расчетом потребности в материальных ресурсах на каждый календарный период соответствующей номенклатуры;

введением в модели различной жесткости ограничений по допустимым колебаниям основных технико-экономических показателей [4, 5].

Эти ограничения отражают тенденции минимизации номенклатуры продукции, обрабатываемой в каждом календарном периоде, то есть в известной степени она эквивалентна наибольшему укрупнению партий, планируемых к обработке и выпуску однородных изделий.

Важным при разработке модельного обеспечения предметной специализации производства является рассмотрение системы условий (внешних и внутренних для предприятия требований), определяющих область поиска вариантов текущих и оперативных планов.

Одним из необходимых условий является номенклатурная группа условий.

Номенклатурная группа условий обуславливается видами изделий (номенклатурными требованиями), которые соответствуют, с одной стороны, договорам с заказчиками по выпуску необходимой номенклатуры изделий, с другой – предметной специализации производственных подразделений предприятия.

В эту группу условий включаются также *требования к структуре отдельных номенклатурных групп*, выделяемых в общей номенклатуре продукции предприятия, т.е. в любом варианте плана производства продукции должен быть выдержан *заданный ассортимент* (различные модификации) изделий внутри отдельных номенклатурных групп, учитывающих предметную специализацию.

В этом случае *модели номенклатурной группы условий* принимают следующий вид:

формируемый план производства продукции (P_s) должен варьироваться в заданных пределах (невыполнение этого требования ведет либо к затовариванию, либо к невыполнению контрактных

условий и необеспечению заказчиков необходимыми изделиями)

$$\underline{P} \leq P^s \leq \overline{P},$$

где \underline{P} – вектор нижних ограничений выпуска продукции в планируемом году;

\overline{P} – вектор верхних ограничений выпуска продукции в планируемом году;

выпуск важнейших видов продукции (в натуральном выражении) должен варьироваться в заданных пределах (для выделенных номенклатурных групп изделий)

$$\underline{P}_\gamma \leq \sum_{j \in J^\gamma} p_j^s \leq \overline{P}_\gamma, \quad \gamma \in \{\gamma\},$$

где \underline{P}_γ – нижнее ограничение выпуска продукции в целом для s -й номенклатурной группы на планируемый год;

\overline{P}_γ – верхнее ограничение выпуска продукции в целом для s -й номенклатурной группы на планируемый год;

выпуск изделий отдельных наименований должен обеспечивать заданную комплектность (ассортимент) для номенклатурных групп

$$p_{j_1}^s : p_{j_2}^s = \Theta_{j_1}^\gamma : \Theta_{j_2}^\gamma, \quad j_1, j_2 \in J^\gamma, \quad \gamma \in \{\gamma\},$$

где $\Theta_{j_1}^\gamma : \Theta_{j_2}^\gamma$ – заданная пропорциональность выпуска j_1 -го и j_2 -го видов продукции y -й номенклатурной группы.

В каждом из цехов выделим следующие производственные факторы: виды оборудования, виды ручных работ, сборочные площади в механосборочных цехах, номенклатуру материальных ресурсов. Очевидно, что при любом допустимом варианте текущего плана производства продукции расход ресурсов, соответствующих каждому из рассматриваемых производственных факторов, должен быть в пределах наличных фондов этих ресурсов на планируемый период. Что касается сырья

и материалов, то их расход для предприятия в целом должен быть в пределах рассчитанных объемов поставок.

Следует отметить, что по некоторым видам оборудования фонды времени работы могут быть заданы не жестко. Предприятие, исходя из необходимости достижения определенной совокупности стратегических целей (с учетом повышения предметной специализации), решает вопрос о наращивании своего станочного парка и других ресурсов (в определенных допустимых пределах). Таким образом, ресурсной группе условий в экономико-математических моделях должны соответствовать ограничения, дающие возможность определять количество ресурсов, необходимое для произвольного допустимого варианта проекта плана производства продукции предприятия с конкретной степенью предметной специализации.

Исходным моментом моделирования процессов формирования групп одноименных изделий, узлов и деталей, определяющих предметную специализацию, является построение логических школ номенклатуры продукции. Отметим, что группа позиций номенклатур соответствует объединению предметно-однотипных изделий, включаемых в текущий и оперативный план производства. В то же время необходимо иметь в виду, что такое объединение (позиция логической школы номенклатуры) во многом зависит от конкретных договоров с заказчиками и определенных в них сроках и количествах планируемых к выпуску изделий. При моделировании необходимо учитывать условия построения логических школ номенклатуры:

произвольная позиция номенклатуры включается в одну из номенклатурных групп;

две различные номенклатурные группы не могут иметь общих позиций (отсутствует возможность группового запуска, а следовательно, не влияет на предметную специализацию);

совокупность всех номенклатурных групп полностью отражает рассматриваемую номенклатуру (существует возможность объединения предметно-однотипных позиций).

Таким образом

$$j = (j_1, j_2, \dots, j_n);$$

$$j_k = [\alpha_k, \beta_k], \alpha_k \leq \beta_k,$$

где j – логическая школа укрупненной номенклатуры;

j_k – совокупность позиций номенклатуры, объединяемых в k -ю номенклатурную группу;

n – количество номенклатурных групп;

α_k, β_k – соответственно индексы первой и последней позиции k -й номенклатурной группы;

j_k – может включать единственную позицию, т.е. в этом случае принимается $\alpha_k = \beta_k$.

Определенные выше условия можно представить в виде множественных соотношений следующего вида:

$S_k (k = 1, 2, \dots, n), i \in I_k, k_1, k_2$ – произвольные номера групп;

$j_{k_1} \cap j_{k_2} = \emptyset$ – пустое множество

$$j = \bigcup_k J_k$$

Определение логической шкалы укрупненной номенклатуры является первым этапом конструирования модели структуры загрузки оборудования, определяющей степень предметной специализации производства.

На втором этапе реализуется:
 расчет объемных показателей с учетом определенных номенклатурных групп;

загрузка произвольного i -го шифра оборудования в соответствии с производственной программой предприятия по j -й позиции плана производства (входящей в j -ю номенклатурную группу определяется $T_{ij} = t_{ij} \cdot p_j$, $i \in I$, $j \in J$). Отметим, что матрица $(T_{ij})_{m \times n}$ определяет структуру загрузки оборудования на планируемый период согласно логической школе укрупненной номенклатуры;

загрузка произвольного i -го оборудования по произвольной k -й номенклатурной группе

$$\tau_{ik} = \sum_{i \in J_k} T_{ij}.$$

Для каждого i -го оборудования определен временной ресурс производства группы деталей j -й позиции плана;

план производства по произвольной k -й номенклатурной группе

$$P_k = \sum_{i \in J_k} P_j.$$

При расчете P_k учитывается предметная специализация включенных в план производства j -х позиций (предметно-однотипных изделий);

суммарный необходимый фонд времени работы всего станочного парка для выполнения заданной производственной программы

$$F = \sum_{i=1}^m f_i.$$

Предполагается, что в заданной производственной программе определена логическая школа укрупненной номенклатуры, учитывающая временные и количественные показатели запуска изделий.

Следующим этапом увеличения предметной специализации производства является рациональное распределение выпуска продукции с учетом конкретных

обязательств предприятия (временные и количественные параметры).

В условиях индивидуального машиностроения наиболее целесообразным представляется метод распределения выпуска продукции, отличительной особенностью которого является отказ от априорного разбиения принятого на предприятии планового интервала (как правило, год) на планово-учетные календарные периоды (кварталы, месяцы) и от поиска планов производства именно для этих периодов. Эффективность предлагаемого метода заключается в непосредственной оптимизации разбиения планового интервала на последовательность таких временных подинтервалов, для которых характерна максимальная предметная специализация предприятия (при выполнении всех требуемых условий производственного и технико-экономического характера) и эффективное использование трудовых и материальных ресурсов. Преимуществами такого распределения являются:

более адекватное отражение динамики предметной специализации предприятия внутри планового интервала и расчет потребности производственных ресурсов на этот интервал;

установление максимальной (теоретически возможной) специализации выпуска продукции в течение этого интервала с учетом загрузки основного ведущего оборудования;

получение многовариантных расчетов допустимой специализации для осуществления их дальнейшего анализа управленческими работниками, непрерывность специализации для последующих планово-учетных периодов.

Сущность предлагаемого метода основывается на следующих положениях:

длительность всего планового интервала времени принимается за «единицу»;

длительности произвольных подинтервалов выражены в долях единицы, произвольный момент времени моделируется непрерывным параметром t , принимающим любое значение в единичном интервале;

загрузка оборудования должна соответствовать условиям предельно допустимых колебаний (данное положение является основным при реализации ресурсно-календарного метода планирования).

Практика реализации текущих планов производства определяет необходимость введения в технологию их формирования текущих планов производства условий предельно допустимых колебаний (в пределах загрузки оборудования) имеющих существенное значение в индивидуальном и мелкосерийном машиностроении [6]. Под уровнем предельно допустимых колебаний (ПДК) будем понимать такую степень загрузки оборудования, при которой отклонения (колебания) от нормативного фонда (технологическая часть базы данных информационной системы управления) будут предельно допустимыми. Особенно важно соответствие ПДК при формировании производственных программ для механического и механосборочного производства (цеха и участки) и при расчете загрузки оборудования для «лимитирующего» (ведущего) оборудования. При расчетах с использованием методов оптимизации информационная система предоставляет возможность максимально свободно варьировать допустимыми планами производства (т.е. предоставлять плановым службам предприятия право лучшего выбора предлагаемых плановых решений) и при этом обеспечивает

ресурсную «гарантию» выполнения плана в целом.

Каждый этап оптимизационного процесса решения задач формирования текущего плана производства проводится в рамках выполнения условий предельно допустимых колебаний, которые можно сформулировать следующим образом:

варианты текущих планов производства (при различной номенклатуре изделий и заданных в контрактах сроках изготовления) должны формироваться из принятой годовой программы выпуска изделий;

конструирование различных вариантов плана должно обеспечивать допустимые уровни использования фонда времени работы оборудования (фондовые ресурсы) и имеющихся запасов материальных ресурсов, необходимое количество трудовых ресурсов (рабочих соответствующих специальностей);

допустимые уровни использования ресурсов должны быть равными планируемому показателю загрузки оборудования, расхода материальных и трудовых ресурсов на заданном подинтервале, при достижении которых формируемый вариант текущего плана будет выполняться на всем интервале планирования.

При реализации конкретных расчетов имеется возможность формализации условий ПДК на любом шаге для всех видов оборудования, участвующих в изготовлении конкретных изделий.

Для конкретного подинтервала $(0, t)$ фонды времени работы по соответствующим двум подмножествам видов оборудования (основного и вспомогательного) равны tF^1 и tF^2 . Примем, что загрузка конкретного i -го вида оборудования при формировании текущего плана (для предприятий единичного и мелкосерийного

производства наиболее эффективно в расчетах использовать годовой интервал) определяет резерв свободного фонда времени по данной группе оборудования

$$r_i^0 = f_i - \sum_{j=1}^n t_{ij} p_j,$$

где f_i – располагаемый на момент расчетов общий фонд работы i -го оборудования;

P – формируемый и распределяемый план производства на текущий период;

t_{ij} – нормативное время загрузки i -го вида оборудования при обработке j -го изделия.

Значения r_i^0 правомерно интерпретировать и как максимально допустимые суммарные величины возможного простоя i -го оборудования в плановом интервале. При этом превышение «простоя» сверх одной из величин r_i^0 ведет к практически невыполнению плана P в плановом периоде. Естественно, что на любом подинтервале $(0, t)$ предприятие не может располагать резервом свободного фонда времени, превышающим годовой резерв r_i^0 . Следовательно, минимально допустимая загрузка оборудования для произвольного подинтервала $(0, t)$ однозначно определяется наличным фондом tf_i и величиной максимально допустимого простоя соответствующего вида оборудования, то есть

$$\min_{X \leq P} \sum_{j=1}^n t_{ij} x_j = tf_i - r_i^0,$$

где $X = (x_j)_{n \times 1}$ – произвольная часть распределяемого по подинтервалам годового плана P .

Таким образом, получены следующие соотношения, которые могут определяться как условия предельно

допустимых колебаний загрузки i -го вида оборудования на подинтервале $(0, t)$:

$$tf_i - (f_i - \sum_{j=1}^n t_{ij} p_j) \leq \sum_{j=1}^n t_{ij} x_j \leq tf_i;$$

$$0 \leq x_j \leq p_j, \quad 0 \leq t \leq 1, \quad j = \overline{1, n}.$$

Полученное множество допустимо возможных планов производства продукции предприятия для временного подинтервала $(0, t)$ не является пустым, так как план $X = tP$ заведомо удовлетворяет условиям ПДК. Отметим, что предлагаемые условия отражают единственное требование: «простой» оборудования в течение года (а значит, и на любом его подинтервале) не должен превышать годовой резерв соответствующего свободного фонда времени.

Обозначим варианты искомой длительности первого подинтервала допустимого плана производства на этом подинтервале соответственно через t_1 и X^1 . Равномерному распределению годового плана производства для подинтервала $(0, t_1)$ будет соответствовать план $t_1 P$. Поскольку такой план может оказаться наихудшим в смысле укрупнения партий одновременно обрабатываемых одноименных изделий в единицу времени и характеризоваться наибольшей их номенклатурой, то представляется очевидным, что отклонению от такого тривиального плана соответствует лучшая предметная специализация предприятия во времени. Следовательно, плану X^1 , максимально отличающемуся от «варианта равномерного распределения», должна соответствовать минимальная номенклатура, что эквивалентно наибольшему укрупнению партий изделий (см. рисунок).

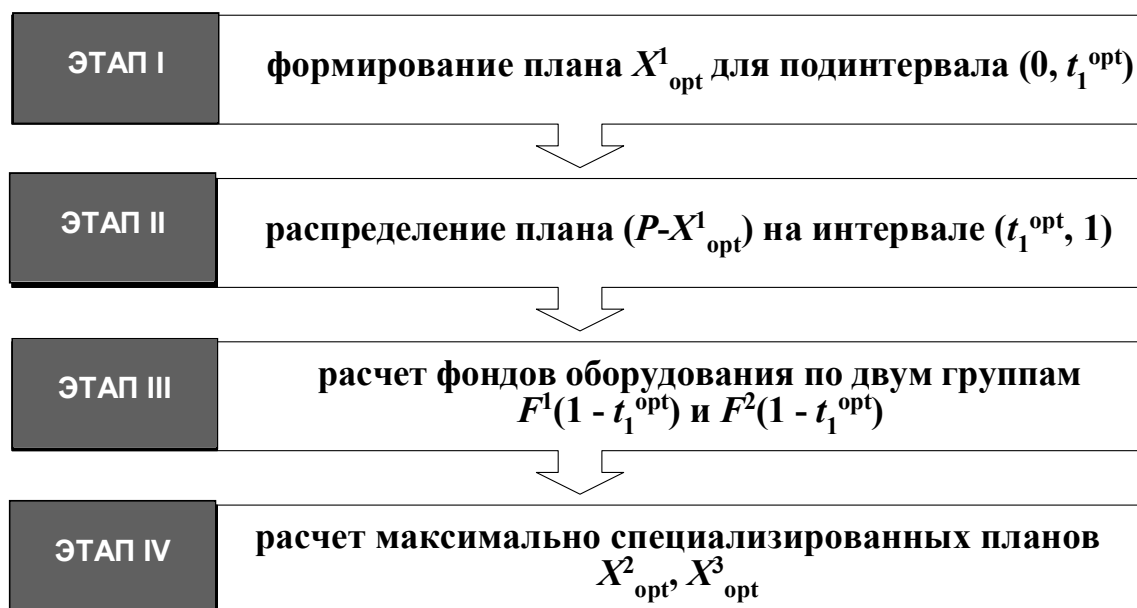


Рисунок. Последовательность реализации модели распределения текущего плана производства

Алгоритм предполагает последовательность реализации распределения следующей

На первом этапе осуществляется формирование плана X^1_{opt} (это, по существу, проект плана) первого подинтервала $(0, t_1^{opt})$.

На втором этапе – распределение плана $(P - X^1_{opt})$ на горизонте нераспределенного годового интервала $(t_1^{opt}, 1)$, то есть $(P - X^1_{opt})$.

На третьем этапе осуществляется расчет фондов оборудования по выделенным двум группам $F^1(1 - t_1^{opt})$ и $F^2(1 - t_1^{opt})$. Расчет осуществляется на основании базы данных технологии изготовления изделий (нормативная часть базы данных).

На четвертом этапе осуществляется определение последующих временных интервалов и расчет соответствующих им максимально специализированных планов X^2_{opt} , X^3_{opt} и т.д. Расчету таких планов соответствует модель оптимизационного процесса.

Для построения моделей произвольного этапа оптимизации

обобщим условие предельно допустимых колебаний. Принимаем, что варианты планов производства для произвольного подинтервала формируются из нераспределенной части годового плана и они должны удовлетворять предельно допустимым уровням используемых фондов времени работы оборудования (исходя из общих ресурсов оборудования).

Допустим, что после $(k-1)$ -го предыдущего этапа остаток годового фонда времени равен F_{k-1} . Следовательно, на k -м этапе максимально возможный фонд времени работы оборудования определяется вектором $F_{k-1} t_k$ (t_k определяет долю фонда F_{k-1} , используемую на k -м этапе). Параметр t_k ($0 \leq t_k \leq 1$) правомерно интерпретировать и как долю длительности остатка годового интервала, определяемую на k -м этапе. Векторы допустимых планов $X^1_{opt}, \dots, X^k_{opt}$ однозначно задают распределяемую на k -м этапе часть текущего плана

$P - \sum_{e=1}^{k-1} x_{opt}^e$, и, следовательно,

планируемый остаток загрузки оборудования равен $T(P - \sum_{e=1}^{k-1} x_{opt}^e)$. Отсюда

определяем вектор резервов свободного фонда времени работы оборудования для k -го этапа оптимизации

$$R_k = F_{k-1} - T \left(P - \sum_{e=1}^{k-1} X_{opt}^e \right).$$

В принципе, компоненты вектора R_k возможно интерпретировать и как величины максимально допустимого простоя соответствующих видов оборудования на k -м этапе. По аналогии вектор минимально допустимых уровней используемых на k -м этапе фондов времени работы оборудования равен $F_{k-1} - R_k$.

Анализ результатов экспериментального опробования предложенного подхода в условиях машиностроительных предприятий показывает, что его внедрение в практику способствует качественному улучшению плановой работы и оказывает существенное влияние на улучшение конечных результатов его производственной деятельности. Это обусловлено прежде всего повышением уровня предметной специализации производства – одного из важнейших организационно-качественных показателей формируемых текущих планов производства для рассматриваемого класса предприятий.

Таким образом, важной особенностью системы формирования оптимизированных планов является определение возможности сведения к минимуму количества параметров, задаваемых информационной системе управления (как правило, номенклатурных ограничений). Это приводит к выявлению максимальной предметной специализации предприятия

(в теоретическом аспекте), так как информационная система при расчетах планов производства определяет чаще всего достаточно узкую номенклатуру и высокие уровни отдельных планируемых технико-экономических показателей. Последовательное сужение ограничений снижает эти уровни. Однако выявление их устойчивости представляет несомненный интерес для аппарата управления, так как они раскрывают потенциальные производственные и ресурсные возможности предприятия.

Литература

1. Гузь Н.Г., Лысенко Ю.Г. Модели выбора решений в условиях инфляции: Управление большими системами. – М.: ИПУ РАН, 1997. – 74 с.
2. Лебединский Н.П. Основы методологии планирования и автоматизации плановых расчетов. – М.: Экономика, 1989. – 270 с.
3. Малик Г.С. Основы экономики и математические методы в планировании. – М.: Высш. шк., 1988. – 278 с.
4. Мирзоахмедов Ф. Математические модели и методы управления производством с учетом случайных факторов / Отв. ред. Ю.М. Ермольев / АН Украины. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова. – Киев: Наук. думка, 1991. – 224 с.
5. Оперативное планирование и организация ритмичной работы на промышленном предприятии. – К.: Техника, 1990. – 155 с.
6. Скурихин В.И., Забродский В.А., Конейченко Ю.В. Адаптивные системы управления машиностроительным производством. – М.: Машиностроение, 1989. – 208 с.