

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ И НОВЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ
В УПРАВЛЕНИИ ОТРАСЛЕВЫМИ (РЕГИОНАЛЬНЫМИ)
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ**

Старший инвестиционный менеджер **Волков Д.В.**
(Инвестиционная компания ООО «ДИ»)

**DIGITALIZATION AND NEW ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL CAPABILITIES
IN THE MANAGEMENT OF INDUSTRY (REGIONAL) INDUSTRIAL COMPLEXES**

Senior Investment Manager **Volkov D.V.**
(Investment Company LLC "DI")

Модель, моделирование, прогнозирование, планирование, управление, программирование, цифровизация, информационные технологии.

Model, modeling, forecasting, planning, management, programming, digitalization, information technology.

В статье рассматривается оптимизационная модель планирования производства в группах взаимосвязанных предприятий (кластерах), основанная на концепции «затраты-выпуск». Такое моделирование позволяет строить прогноз, осуществлять планирование производства и эффективно управлять им, используя современные цифровые технологии. Формулируется вывод, что в России цифровизацию следует использовать, прежде всего, в целях развития материального производства. Утверждается, что цифровая трансформация требует помимо моделирования применения объектно-ориентированного подхода к программному обеспечению планирования и управления.

The article discusses the optimization model of production planning in groups of interconnected enterprises (clusters), based on the concept of "input-output". Such modeling allows you to build a forecast, carry out production planning and, therefore, effectively manage it using modern digital technologies. The conclusion is formulated that in Russia, digitalization should be used primarily for the development of material production. It is argued that digital transformation requires, in addition to modeling the application of an object-oriented approach to planning and management software.

Моделирование, как достаточно распространенный метод научного исследования, находит применение в самых разных направлениях изучения природы, общества и человека [1]. Нас же оно интересует в качестве его возможности (речь в данном случае идет о математическом моделировании) описания экономических процессов математическими зависимостями для обоснования принимаемых решений, прогнозирования, планирования, управления материальным производством, в том числе предприятиями, производящими транспортные средства и являющимися их ремонтной базой. Модель экономического объекта, как правило, поддерживается реальными статистическими и эмпирическими данными, а результаты расчетов, выполненных в рамках построенных моделей, позволяют строить прогнозы, осуществлять планирование производства и, следовательно, управлять им, используя современные цифровые технологии.

В качестве основы мы взяли некоторые модели планирования производственной деятельности, предложенные Б.А. Романовым для групп взаимодействующих предприятий и полученные им в аналитическом, вычислимом на компьютере виде [2]. Причем, доступность к восприятию предлагаемых исследователем алгоритмов дает возможность без затруднения выявить несовместимость исходных данных, характерную для оптимизационных задач с большим количеством параметров.

Б.А. Романов использовал в планировании и управлении модель «затраты - выпуск», разработанную в свое время В.В. Леонтьевым в качестве инструмента управления экономикой государства в целом [3]. Данную концепцию ученый интерпретировал для построения комплекса моделей управления группой взаимосвязанных (условных) предприятий, получив тем самым оптимизационные модели планирования производства в виде системы уравнений с заданной целевой функцией и ограничением на переменные величины.

Математическое описание взаимодействия групп предприятий «затраты - выпуск» имеет форму:

$$x_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} x_j + y_{ij}, i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где x_i – валовой выпуск продукции i ; a_{ij} – коэффициент прямых внешних затрат на предприятии j продукции или услуг предприятия; y_{ij} – выпуск конечной продукции на предприятии i ; n – количество предприятий.

Более наглядным представлением системы уравнений (1) может служить система уравнений (2):

$$x_{i_k} = \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n a_{i_k j_k} x_{j_k} + y_{i_k} y_{i_k}, i, j = 1, \dots, k = m_1, \dots, m_i, \quad (2)$$

где x_{i_k} – валовой выпуск продукции «условного» предприятия i_k ; y_{i_k} – выпуск конечной продукции «условного» предприятия i_k .

Матрица $a_{i_k j_k}$, $i, j=1, \dots, n$, $k=m_1, \dots, m_i$ квадратная размерностью $\sum_{i=1}^n m_j$ рассчитывается посредством анализа

данных по производству и распределению (поставкам промежуточной продукции цехов, производственных линий, площадок и других производственных структурных подразделений реальных предприятий).

Таким образом, система уравнений (2) позволяет интерпретировать взаимодействие «условных» предприятий без чего нельзя построить балансовую модель планирования производства. В данной модели должно найти отражение взаимодействие предприятий, посредством решения системы уравнений относительно заданного вектора выпуска продукции, что предполагает решение прямой задачи, когда задается вектор производства конечной продукции, и задачи обратной, когда при заданном векторе выпуска конечной продукции рассчитываются требуемые объемы ее валового производства. Причем решение прямой и обратной задач можно использовать для составления программы развития производственных мощностей как отдельных предприятий, так и их комплексов.

Примечательно, что модель взаимодействия группы предприятий возможно построить и в виде системы уравнений, интерпретированных в оптимизационной постановке. В этом случае задается целевая задача, и вводятся определенные ограничения на переменные величины, что требует расширения рассмотренной выше модели (2) и дополнения ее уравнениями, которые включают количество работников, занятых на предприятиях:

$$\varepsilon_{i_k} x_{i_k} = h_{i_k}, i=1, \dots, n, k=m_1 \dots m_i, \quad (3)$$

где ε_{i_k} – трудоемкость (чел./руб.) выпускаемой продукции, h_{i_k} – количество работников, занятых на условном предприятии.

Для корректности расчетов учитываются затраты продукции (работ, услуг) предприятий, которые хотя и не входят в группу взаимосвязанных, но осуществляют внешние поставки. Обозначим объем поставки этой продукции q_r предприятию i_k в виде элемента матрицы $u_{r i_k}$, $r=1, \dots, R, \dots, n, k=m_1, \dots, m_i$. В этом случае поставки продукции (работ, услуг) образца $r=1, \dots, R$ на предприятия можно записать в виде:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=m_1}^{m_i} u_{r i_k} x_{i_k} = q_r, \quad (4)$$

где $u_{r i_k}$ – это объем поставок внешней продукции (работ, услуг), которая приходится на единицу стоимости выпускаемой продукции; q_r – объем поставок внешней продукции $r=1, \dots, R$.

Сформулировав ограничения на переменные величины модели (основное из них – мощность предприятий), получаем:

$$0 \leq x_{i_k} \leq p_{i_k}, \quad (5)$$

где p_{i_k} – мощность предприятия, выраженная в стоимостных единицах.

Одновременно вводим ограничение на объем поставок внешней продукции, в результате чего получаем:

$$o_r \leq q_r, \quad (6)$$

где q_r – максимально возможный объем поставок внешней продукции образца $r=1, \dots, R$.

Учтем ограничение на количество занятых работников;

$$h_{i_k} \leq H_{i_k}, \quad (7)$$

где H_{i_k} – максимальное количество работников, привлечение которых на данных предприятиях возможно, $i=1, \dots, n, k=m_1, \dots, m_i$.

С учетом целевой функции «объем конечной продукции» выпускаемой предприятием i_k , $i=1, \dots, n, k=m_1, \dots, m_i$, определяется вектором y_{i_k} из системы уравнений (1). В данном случае оптимизационная задача линейного программирования решается стандартным способом. В данном случае оптимизационная задача линейного программирования решается стандартным способом. Но если ввести одно из условий, предполагающих, что выпуск конечной продукции осуществляется в заданных пропорциях, то решение получается в аналитическом виде.

Так, предположим, что вектор пропорций представляет собой вектор ϕ_{i_k} ,

$$\phi_{i_k} = \frac{y_{i_k}}{y}, i=1, \dots, n, k=m_1, \dots, m_i,$$

где $y = \sum_n \sum_{m_i} y_{i_k}$ – общий объем производства конечной продукции группой «условных предприятий».

Подставим выражение валового выпуска x_{i_k} продукции «условных предприятий» через выпуск конечной продукции из уравнения

$$x_{i_k} = f(y_{i_k}), x_{i_k} = \sum_{m_i} \sum_n b_{i_k j_k} y_{i_k} \quad \text{в ограничение (5):}$$

$$p_{i_k} \geq \sum_{m_i} \sum_n b_{i_k j_k} y_{i_k}, i=1, \dots, n, k=m_1, \dots, m_i \quad (8)$$

В это неравенство вместо вектора y_{i_k} подставим его выражение через единый объем выпуска конечной продукции $y_{i_k} = \phi_{i_k} y$:

$$p_{i_k} \geq y \sum_{m_i} \sum_n b_{i_k j_k} \phi_{i_k}, i=1, \dots, n, k=m_1, \dots, m_i$$

Из данной системы неравенств получаем:

$$y \leq \frac{P_{i_k}}{\sum_{m_i} \sum_n b_{i_k j_k} \phi_{j_k}} \quad (9)$$

Обозначив вектор в правой части g_{i_k} , получим:

$$y \leq g_{i_k} \quad (10)$$

Далее аналогично подставим выражение $x_{i_k} = f(y_{i_k})$ в уравнение:

$$y_{i_k j_k} a_{y_{i_k j_k}} = a_{i_k j_k}, i, j = 1, \dots, n, k = m_1, \dots, m_i,$$

$$\sum_{m_i} y_{i_k j_k} = 1, i = 1, \dots, n; \sum_{k=m_1}^{m_j} y_{i_k j_k} = 1, j = 1, \dots, n,$$

и величины h_{i_k} и q_y - в ограничения (3) и (4). После преобразования получаем:

$$Y \leq \frac{H_{i_k}}{\sum_{m_i} \sum_n b_{i_k j_k} \phi_{j_k}}, i = 1, \dots, n, k = m_1, \dots, m_i; \quad (11)$$

$$Y \leq \frac{Q_r}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=m_1}^{m_i} u_{r_{i_k}} \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{i_k j_k}}, r = 1, \dots, R. \quad (12)$$

Обозначим правую часть (10) через d_{i_k} , а правую часть (11) - через f_r , тогда максимальная величина Y , обозначаемая Y^* , вычисляется как $Y^* = \min_{i_k, r} \{g_{i_k}, d_{i_k}, f_r\}$.

Используем другую целевую функцию, представляющую собой общее количество занятых работников, которое требуется минимизировать.

Обозначим $Z = \sum_{i=1}^n \sum_{k=m_1}^{m_i} h_{i_k}$. В данном случае условия и

ограничения оптимизационной задачи остаются теми же. Нам надо найти такой общий объем выпуска конечной продукции Y , чтобы $Z \rightarrow \min$. В данном случае решение получается аналогичным методом, а поставленная задача имеет тривиальное решение при $x_{i_k} = 0$. Следовательно, для более реального смысла надо сформулировать целевую функцию в виде вектора двух взаимосвязанных скалярных функций $Z \rightarrow \min$ и $Y \rightarrow \max$.

Так, в величину Z подставим векторы h_{i_k} из (2), затем вектор x_{i_k} из системы уравнений

$$x_{i_k} = \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{i_k j_k} y_{i_k j_k}, \text{ где } b_{i_k j_k} - \text{элементы матрицы, обратной к матрице}$$

$(\delta_{i_k j_k} - a_{i_k j_k}, i, j = 1, \dots, n, k = m_1, \dots, m_n; \varepsilon_{i_k j_k} - \text{символ Кронекера, } \delta_{i_k j_k} = 1 \text{ при } i_k = j_k, \delta_{i_k j_k} \neq 1 \text{ при } i_k \neq j_k)$ и заменим y_{i_k} на $\phi_{i_k} Y$.

$$Z = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{i_k} \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{i_k j_k} \phi_{i_k}, \quad (13)$$

или

$$Y = \frac{Z}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_{i_k} \sum_{k=m_1}^{m_i} \sum_{j=1}^n b_{i_k j_k} \phi_{i_k}} \quad (14)$$

Тогда $Y \rightarrow \max$ достигается при условии (10), и стремление $Z \rightarrow \min$ означает, что будет занято не более Z работников - это минимально необходимое количество из имеющегося количества $\sum_{i=1}^n \sum_{k=m_1}^{m_i} H_{i_k}$.

Все остальные ограничения также должны выполняться. Если они не выполняются, то величина Y выводится из того ограничения, которое дает $\min Y$.

Эта задача в более узкой постановке ранее была рассмотрена А.Г. Гранбергом [4] при условии, что отсутствовали ограничения на производственные мощности и поставки внешней продукции. Также им была рассмотрена двойственная задача, и было доказано, что:

- балансы производства и распределения продукции выполняются строго как равенства;
- оптимальный план не зависит от коэффициентов целевой функции, т.е. от коэффициентов трудозатрат ε_{i_k} .

Целевая же функция двойственной задачи формируется в виде $L = \sum_{i=1}^n \sum_{k=m_1}^{m_i} y_{i_k} \gamma_{i_k}$, где γ_{i_k} - оптимальные оценки конечной продукции. Поскольку решения прямой и двойственной задачи равнозначны, то $\sum_{i=1}^n \sum_{k=m_1}^{m_i} y_{i_k} \gamma_{i_k} = L = Z = \sum_{i=1}^n \sum_{k=m_1}^{m_i} h_{i_k} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=m_1}^{m_i} \varepsilon_{i_k} x_{i_k}$, следовательно, оптимальный план, как выяснил Б.А. Романов, не зависит от коэффициентов трудозатрат ε_{i_k} .

Таким образом, проиллюстрированный подход, предполагающий построение моделей планирования, а следовательно и управления производством, осуществляемого на основе математически обоснованной концепции "затраты - выпуск", открывает широкие перспективы для расчета конкретных производственных программ групп предприятий (кластеров) с использованием самых современных информационно-компьютерных средств.

В прямых задачах планируется выпуск конечной продукции и определяются потребные для этого производственные мощности, тогда как в обратных задачах определяются производственные мощности, необходимые для выпуска потребного объема конечной продукции.

В приведенном примере сформулирована оптимизационная модель управления производством, которую могут использовать предприятия, входящие в кластеры в том случае, когда требуется решать задачи с различными целевыми функциями. В частности, когда необходимо увеличить выпуск продукции и при этом минимизировать затраты, либо необходимо сокращать время поставки материалов, сырья и полуфабрикатов от одного предприятия к другому внутри одного кластера.

Кроме балансовых моделей планирования, построенных на основе концепции "затраты - выпуск", могут быть использованы и другие варианты оптимизационных моделей, отражающих специфику производства.

Это - оптимизационные модели, учитывающие внешне-торговые связи с различными целевыми функциями (например, производство продукции на экспорт); модели оптимизации состава взаимодействующих предприятий, предполагающие выбор наилучших технологических способов производства, обеспечивающих наименьшие затраты сырья, материалов и полуфабрикатов и экономию времени доставки промежуточной продукции внутри кластера; модели, позволяющие оценивать чувствительность целевой функции, когда, к примеру, оптимальное (максимальное) значение целевой функции является линейной функцией незначительного изменения критических (лимитируемых) ограничений производственных мощностей (чаще всего одного предприятия). В последнем случае возникает возможность, не решая оптимизационной задачи, определять изменение целевой функции при незначительном изменении критической производственной мощности.

Моделирование производственных процессов, предполагающее создание интегрированного комплекса математических моделей, становится неременным следствием и в то же время условием цифровизации российской экономики, ее отраслей и бизнес-процессов. Комплекс моделей в детерминированной и стохастической постановке объективно и наиболее полно отражает многообъектную деятельность по управлению производством на предприятиях и позволяет оптимизировать межфирменные взаимодействия и внутрикластерные управленческие решения [5]. Математические модели (статистические и динамические), как показано в нашем примере, могут быть использованы для решения двух разновидностей задач: во-первых, для расчета возможностей по производству продукции на имеющихся производственных площадях; во-вторых, для расчета максимальных возможностей по производству продукции с учетом использования дополнительных производственных мощностей [6].

Приведенный анализ свидетельствует, что цифровизацию следует использовать не только и не столько для предоставления населению различного рода услуг (финансовых, торговых или социальных), а в первую очередь для развития производственной сферы и прежде всего ее высокотехнологичного сектора, порождением которого цифровая экономика, собственно, и является. В производственной же сфере сейчас развиваются не только «чистые» ИТ-компании, но и те, которые взаимодействуют с компаниями, выступающими основными инвесторами цифрового мира. Так, например, после того как компания Tesla стала затрачивать миллиарды долларов на создание электромобилей, не возможное без революционных технологических решений в автомобилестроении, такие гиганты этой отрасли, как Ford

и BMW, пересмотрев в корне свою техническую политику, сосредоточились на создании цифровых платформ по производству электромобилей. По некоторым оценкам, наиболее успешные компании КНР, сосредоточенные на использовании цифровых платформ, действуют в автомобильной, телекоммуникационной и энергетической промышленности и в совокупности на их долю приходится 30% ВВП КНР [7].

Цифровая трансформация экономики требует не только моделирования, но и интегрированного применения информационных технологий во всех фазах производственного цикла. Последнее становится возможным только при использовании общего и универсального базиса данных, что позволяет осуществлять автоматизированное проектирование, автоматизированное планирование, автоматизированное управление производством и компьютеризированный контроль качества. Все указанные процессы объединены одним общим понятием, возникшим из практики и отражающим интегрированную обработку информации для решения технических и бизнес-задач промышленных операций – **СИМ** (компьютерно-интегрированное производство), базовые элементы которого следующие:

- система автоматизированного проектирования (САПР);

- автоматизированная система управления (АСУП);
- компьютерный контроль качества (ККК);
- производственное и точное планирование (П и ТП).

Оставляя в стороне дискуссионные проблемы, касающиеся СИМ, отметим лишь следующие ключевые положения, которые в интегрированных ИТ признаются бесспорными:

- использование информационных технологий приобрело решающее значение;

- при хранении данных надо избегать их избыточности, чтобы исключать возможные противоречия в них;

- структуру информационных потоков следует строить как процессно-ориентированную, что позволяет минимизировать число интерфейсов процесса (process interface);

- следует проектировать интегрированную обработку информации для различных приложений (это минимизирует число информационных интерфейсов);

- надо добиваться, чтобы архитектура предприятий была логически и технически сбалансирована, что необходимо для быстрого доступа к информации.

С учетом отмеченных положений компьютерно-интегрированное производство схематически изображено на рисунке 1.

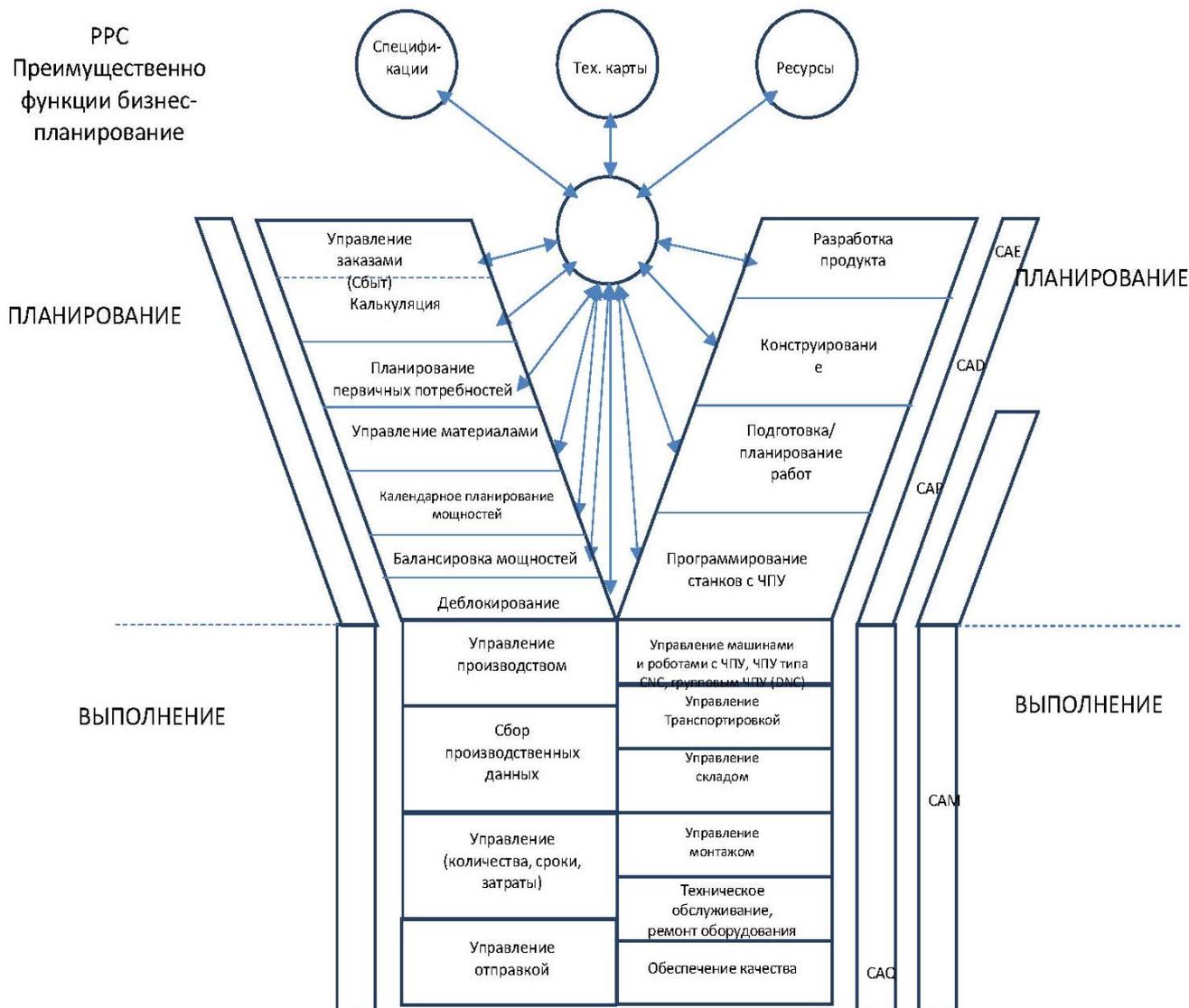


Рис.1. Модель компьютерно-интегрированного производства [8]

В силу того что центральной функцией производственного планирования является потребность в материалах, сырье и полуфабрикатах (ПМСП), основываясь на производственной программе, рассчитываются элементы этой потребности для всех уровней ПМСП с учетом времени предстартовой подготовки. В соответствии со стратегией планирования при составлении производственных программ учитывается история, начальные запасы и мощности. В этом случае общая схема планирования и управления производством представлена на рис. 2.

Долгосрочное планирование является, по существу, моделированием потребности в материалах, сырье и полуфабрикатах. В его рамках можно рассчитывать, как изменение в плановых первичных потребностях влияет на загрузку производственных мощностей, на норма-

тивно-производственные запасы и на поставки извне. Причем, на основе долгосрочного планирования можно осуществлять краткосрочное моделирование.

И еще одно важное обстоятельство. Процесс управления производством нуждается в составлении производственной программы, т.е. в установлении конкретного количества продукции, которую необходимо произвести, и количества рабочего времени, потребного для ее производства. С этой целью необходимо осуществить расчет плановых первичных потребностей, предполагающий установление точной даты изготовления продукции с ее возможным изменением (перерасчетом) исходя из потребностей заказчика (потребителя) (рис.3).

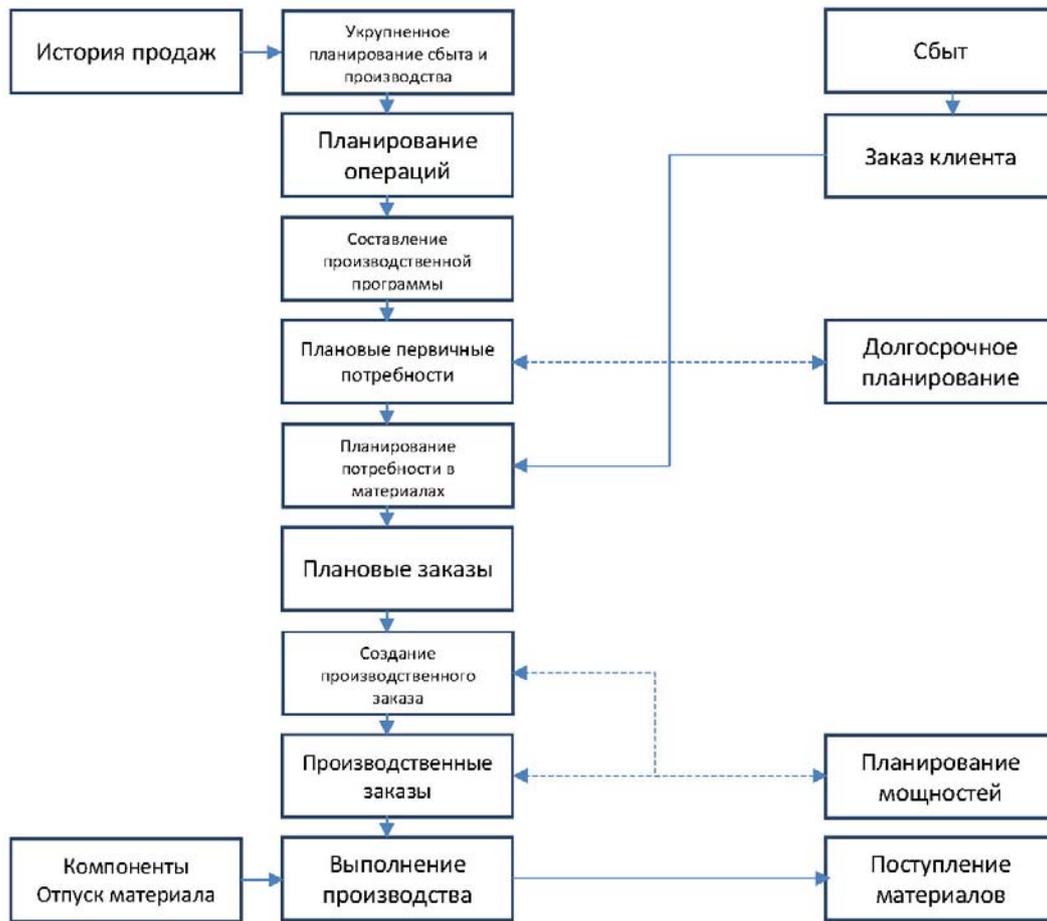


Рис.2.Общая схема планирования и управления производством

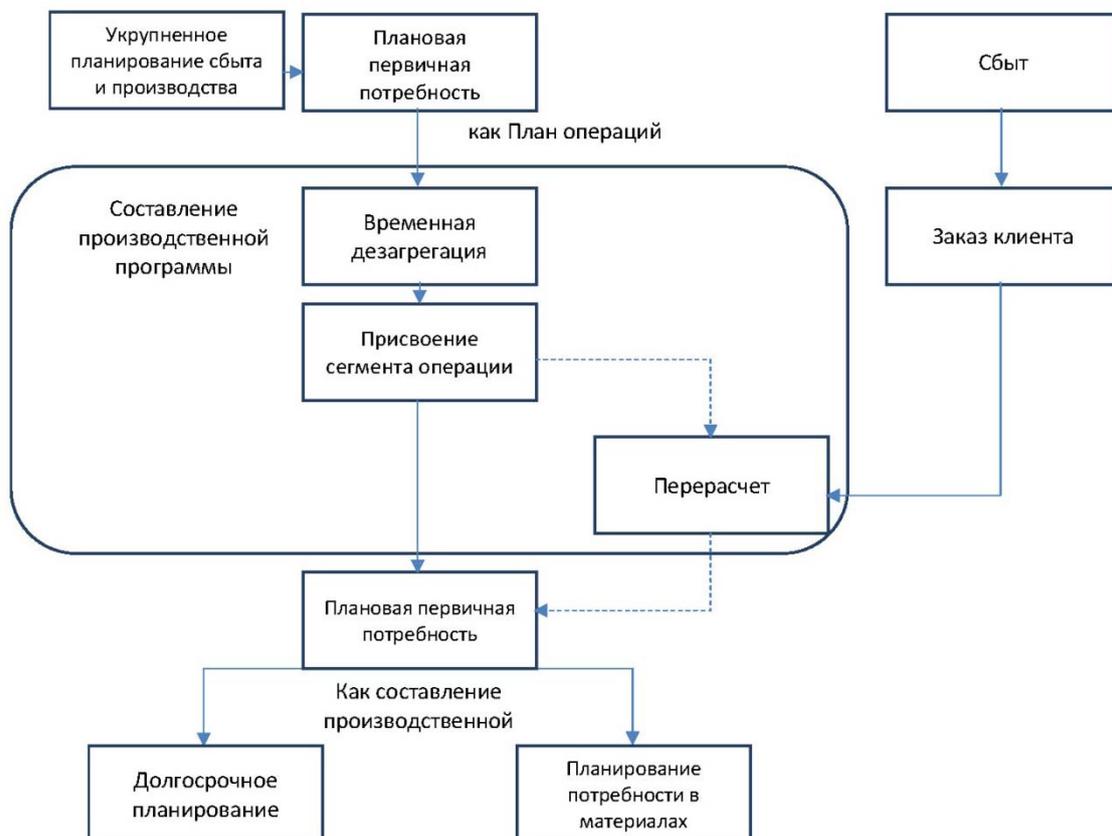


Рис. 3. Иллюстрация процесса составления производственной программы

Как правило, производственная программа, если она агрегирована на основании времени, создается с месячной или даже недельной детализацией. Критерием различия потребностей планирования и систем управления, учитываемым при составлении программы, является тип производства, признаком которого выступает частота одинакового выполнения работ. Исходя из этого критерия, тип производства может быть крупносерийным, среднесерийным, мелкосерийным и единичным. С учетом этого моделируется вероятная необходимая мощность и ожидаемая дата окончания производства конкретной продукции (выполнения заказа). Кроме того, для создания производственной программы формируется стратегия планирования, с помощью которой определяется производство конкретной продукции (изготавливается ли она по заказу либо в форме складского запаса).

Наконец, еще одна деталь. Использование возможностей цифровизации с применением новых технологических возможностей в производственной сфере тесно связано с применением объектно-ориентированного подхода к программному обеспечению самого планирования и управления группами взаимосвязанных предприятий (кластеров). Такой подход к программированию, в большей степени, чем другие, позволяет многократно пользоваться уже разработанным программным обеспечением. В данном случае его код фрагментируется так, что образуются сравнительно устойчивые информационные сущности-объекты, которые можно применять и в других аналогичных системах. В виде самостоятельного объекта может выступать функция, подпрограмма, объект, подсистема или система в целом. Следовательно, возникает возможность придать процессу разработки программного обеспечения в интересах производства регулярный характер, заметно его упорядочить и ускорить, снизив издержки производства, а в готовый продукт закладывать накапливаемый опыт программистов.

Считается, что наиболее известным вариантом объектно-ориентированного языка программирования является язык C++, который развивается из императивного языка C. Развитием событийно управляемой концепции объектно-ориентированного подхода стали появившиеся в 90-е годы языки сценариев или скриптов: Visual Basic, Eiffel, Oberon. Их разработка позволяет осуществлять проектирование и реализацию программного обеспечения, известного под названием Microsoft NET, которое включает в себя следующие компоненты:

- идеологию проектирования и реализации программного обеспечения;
- модель эффективной поддержки жизненного цикла прикладных систем;
- унифицированную, интегрированную технологическую платформу для программирования;
- современный, удобный в использовании, безопасный инструментальный для создания, развертывания и поддержки программного обеспечения [9].

Все это многократно расширяет возможность использования цифровых технологий в моделировании и программном обеспечении материального производства, инфраструктурной составляющей которого всегда был и остается транспорт.

1. Цифровизация становится важной составляющей и институциональной основой развития производственной сферы экономики, в которой центральным звеном управления группами взаимодействующих предприятий (кластеров) становятся информационно-аналитические системы. Последние предполагают создание комплекса динамических моделей, описывающих экономические процессы математическими зависимостями. Моделирование позволяет строить прогноз, осуществлять планирование производства и, следовательно, управлять им, используя современные цифровые технологии и опираясь на реальные статистические и эмпирические данные. Построение оптимизационной модели планирования производства на предприятиях может быть оптимизировано посредством развития классической концепции В.В. Леонтьева «затраты - выпуск». Данная модель, как бы «замещающая» собой реальные предприятия, позволяет математически описать модификацию целеполагания в производстве при тех изменениях, которые неизбежно происходят под воздействием научно-технического прогресса.

2. Цифровизацию следует использовать как можно более широко, прежде всего, в целях развития материального производства и главным образом его высокотехнологичной сферы, порождением и результатом которого цифровая экономика, собственно, и является. Цифровые трансформации настоятельно требуют как моделирования, т.е. математического описания производства (крупносерийного, среднесерийного, мелкосерийного и единичного), так и интегрированного применения информационных технологий в управлении всеми фазами производственного цикла, объединенного понятием СИМ (компьютерно-интегрированное производство). Его базовыми элементами являются: система автоматизированного проектирования (САПР); автоматизированная система управления (АСУП); компьютерный контроль качества (ККК); производственное и точное планирование (Т и ТП).

3. Использование в производственной сфере возможностей цифровизации отчетливо коррелируется с объектно-ориентированным подходом к программному обеспечению планирования и управления группами взаимосвязанных предприятий (кластеров). Этот подход в большей степени, чем другие, и более экономичным способом позволяет создавать программный продукт в интересах производства, фрагментируя его так, что образуются сравнительно устойчивые сущности-объекты, применимые в аналогичных системах. Тем самым создается возможность придавать процессу разработки программного обеспечения регулярный характер. Анализ подтверждает, что наиболее приемлемым в современных условиях вариантом объектно-ориентированного языка является язык C++, логическим продолжением которого выступает язык C#, позволяющий осуществлять проектирование и реализацию программного обеспечения Microsoft NET, наделенного всеми положительными качествами, необходимыми для эффективного использования цифровых технологий в интересах управления производственным комплексом.

Литература

1. Тамбовцев В.Л. Модели и истории в экономической теории // Вестник Московского университета. Сер. 6. Экономика. – 2017. - №1. – С.3-21.
2. Романов Б.А. Управление группой взаимодействующих предприятий с использованием интегрированного комплекса математических моделей. Монография. – М., 2019. –с. 89-168.
3. Леонтьев В.В. и др. Исследования структуры американской экономики. Перевод с англ. – М.: Госстатиздат, 1958.
4. Гринберг А.Г. Математические модели социалистической экономики. – М.: Экономика, 1978. -351 с.
5. Плещинский А.С. Оптимизация международных взаимодействий и внутрифирменных управленческих решений. – М.: Наука, 2004. -252 с.
6. Бузиков В.Н. Экономико-математические модели управления развитием отраслевого производства. – М.: ИПУ РАН, 1998.

7. Стародубцева Е.Б., Маркова О.М. Цифровая трансформация мировой экономики. – Вестник АГТУ. Сер.: Экономика, 2018, №2. –с.7-14.

8. Йорг Томас Дикерсбах, Герхард Кеплер. Планирование и управление производством с помощью решений SAP ERP. – С-Петербург: «Эксперт РП», 2011. – С. 60-61.

9. Зыков С.В. Введение в теорию программирования. Курс лекций. Уч. Пособие. – М.: ИН-ТУИТ.РУ., 2018. – С.400.

Сведения об авторе

Волков Денис Владимирович, Старший инвестиционный менеджер Инвестиционной компании ООО «ДИ». Тел.+7 905 729 97 32.

E-mail: denis-volkov@mail.ru.