
БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА

УДК: 004:681.51

DOI: 10.34020/2073-6495-2021-4-187-194

ПЛАНИРОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ НЕУСТОЙЧИВЫХ ПРОЦЕССОВ

Щеглов Ю.А.

Новосибирский государственный университет
экономики и управления «НИНХ»
E-mail: prof.sheglov@mail.ru

В статье представлены модели, используемые в планировании производства продуктов с неустойчивой технологией. Эта тема сегодня приобретает большую важность для вузов в связи с переходом Минобрнауки на новый принцип планирования государственного заказа на специалистов, когда контрольные цифры приема в государственном задании превращаются в контрольные цифры выпуска. Для успешной работы в этих условиях вузы вынуждены изменить свою систему планирования подготовки специалистов. Рассмотренные в статье модели являются проверенным инструментом для определения размеров контингента и различных ресурсов, которые необходимы, чтобы к заданному сроку выполнить государственный заказ.

Ключевые слова: технологический маршрут, модель операции, неустойчивость технологии, планирование заказа, планирование выпуска.

PLANNING UNDER SUSTAINABLE PROCESSES

Shcheglov Yu.A.

Novosibirsk State University of Economics and Management
E-mail: prof.sheglov@mail.ru

The article presents the models used in the planning of production with unstable technology. This issue is becoming increasingly important for universities in connection with the transition of the Ministry of Science and Higher Education to the new principle of planning a state order for specialists, when the admission figures in the state assignment turn into release figures. For successful work in these conditions, universities are forced to change their system of planning for the training of specialists. The considered models are a proven tool for determining the size of the contingent and the necessary resources, which must be launched into the educational process in order to fulfill the state order by a given deadline.

Keywords: technological route, operations model, technology instability, order planning, graduation planning.

ВВЕДЕНИЕ

В любой образовательной организации одним из основных видов деятельности является предоставление образовательных услуг. При этом до последнего времени потребителями этих услуг являлись либо домохозяйства, либо государство. Сегодня круг потребителей расширился за счет предприятий и организаций, которые могут оплачивать обучение студентов по договорам целевой подготовки. Борьба за заказ выпускников для государства, т.е. за контрольные цифры приема, является важной составляющей экономической деятельности образовательной организации, в частности вуза. Получив заказ, или, как его называют, бюджетные места, вуз обеспечивает себе финансирование на соответствующее число студентов по заказанным направлениям на весь период обучения. На что рассчитывает государство? Точнее, на что рассчитывает ведомство, возглавляющее высшее образование в стране. Как у любой большой организации предпочтений у ведомства много, но можно надеяться, что всегда в плоскости этих интересов находится главное: ожидание, что после окончания полного периода обучения в стране будет прирост специалистов по заданным направлениям в соответствии с контрольными цифрами приема [6]. Но что происходит фактически? Если студент, принятый на первый курс, прекращает свое обучение раньше времени, освобождая тем самым бюджетное место, финансирование этого места прекращается. Мы имеем два отрицательных результата: средства, выделенные на период, пока учился студент, потрачены зря (1); после завершения полного учебного периода количество выпускников не будет соответствовать выделенному количеству бюджетных мест, выделенных вузу на подготовку специалистов по данному направлению (2). В этой ситуации заказчик в лице Министерства науки и высшего образования РФ не получает в полной мере свой заказ. В силу того, что заказчик контролирует только текущее финансирование через занятие бюджетного места и не контролирует выполнение заказа в точности с контрольными цифрами, планы и фактические результаты в образовательной отрасли вряд ли будут совпадать. В работах ряда авторов обсуждаются данные проблемы с позиции общегосударственной выгоды и предлагаются различные варианты решения проблемы, вплоть до перераспределения бюджетных мест между образовательными организациями в соответствии с их успешностью [12].

В желании выполнить госзаказ и не потерять финансирование вузы могут освобожденное досрочно бюджетное место занять коммерческим студентом, который заменит отчисленного студента и будет учиться на бюджетной основе. Этот путь связан с поиском студента, способного включиться в освоение программы не с начала, а с определенного момента времени. Это может быть студент, который учится на той же образовательной программе и на том же курсе, и готовый перейти на место, финансируемое государством. Пока обучение на бюджетном месте не обусловлено специальными требованиями, например, отработка выпускника после окончания обучения, в качестве замены можно рассчитывать на студентов, обучающихся за свой счет. И это работает сегодня там, где рядом с бюджетными студентами учатся коммерческие (студенты, которые сами оплачивают свое обучение).

Как сделать так, чтобы всегда было кем занять освободившееся бюджетное место? Можно ли построить учебный процесс, ориентированный на выпуск специалистов данного направления, а не на запуск? Ответ на подобный вопрос можно найти, обратившись к опыту планирования и производства электронных изделий с неустойчивой технологией [4]. Модели таких производств во многом схожи с моделями технологий обучения, и опыт планирования выпуска изделий, изготавливаемых по таким технологиям, может быть полезен в планировании выпуска специалистов по заданному направлению [8].

Вопросам построения моделей неустойчивых технологических процессов уделялось много внимания в годы становления отечественной электронной промышленности [5, 7]. Интерес к ним не пропал и сегодня. Развитию модельного подхода способствуют растущие возможности вычислительной техники и развитие методов искусственного интеллекта и графических визуализаций [1, 11].

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХПРОЦЕССА С ВЕРОЯТНОСТНЫМ ВЫХОДОМ

Полное описание процесса с неустойчивой технологией можно найти в работе автора [9]. Здесь же будет рассмотрено формализованное описание технологического процесса с некоторым обобщением.

Технологический процесс рассматривается как преобразование различных ресурсов в готовую продукцию в соответствии с имеющейся технологией. Готовая продукция определяется множеством видов готовых продуктов и характеризуется количеством продуктов каждого вида, представленных в готовой продукции.

Пусть множество A будет совокупностью технологических маршрутов, последовательное функционирование которых обеспечивает получение готовой продукции $A = \{a_j\}$, где $j = 1, 2, \dots, n$. Технологический маршрут определяет обработку поступившего на маршрут узла. При этом на первый маршрут поступает определенное количество еще необработанных узлов, называемых заготовками (например, пусть Z_1 – количество заготовок, поступивших на первый технологический маршрут). Данная величина Z_1 называется величиной запуска на изготовление. Каждая из заготовок, пройдя обработку на первом маршруте, должна превратиться в узел первого передела. В общем случае количество выпущенных с первого маршрута узлов составляет величину V_1 .

В большинстве случаев, которые имеются в традиционных отраслях, $V_1 = Z_1$. Это означает, что все запущенные в обработку на маршрут заготовки успешно обработаны и с маршрута получено узлов первого передела ровно столько, сколько было запущено заготовок. Однако есть производственные процессы, которые в силу особенностей обработки не могут гарантировать успешную обработку на маршруте всех запущенных на маршрут заготовок. По факту количество узлов, выходящих с маршрута, меньше, чем количество поступивших на маршрут узлов (заготовок – для первого маршрута). При этом величина B_j потерь заготовок, которые не превратились в узлы первого передела, носит вероятностный характер и не может быть определена заранее.

Поскольку далее будут рассматриваться именно такие производства, дадим технологическим маршрутам условное название «технологический маршрут с вероятностным выходом».

В общем случае каждый из маршрутов может быть маршрутом с вероятностным выходом. Если рассматривать технологию применительно к фиксированной величине запущенных заготовок, то на выходе последнего маршрута будет получено V_n n -го передела. Узлы последнего передела составляют выпуск готовых продуктов. В количественном измерении это будет $Z_1 - B_1$, где B_1 – величина потерь на всех технологических маршрутах, составляющих технологический процесс.

В производствах, в которых участвуют технологические маршруты с вероятностным выходом, целесообразно выбирать в качестве цели не величину запуска деталей на изготовление, а величину выпуска готовых продуктов, т.е. узлов последнего передела. При этом для того, чтобы обеспечить заданный выпуск, необходимо запустить на изготовление количество заготовок заведомо большее, чем величина выпуска. Планирование обработки деталей и узлов с некоторым запасом автоматически предполагает увеличение расходов ресурсов, которые будут иметь место в ходе обработки узлов и деталей. Основной вопрос здесь – какова должна быть величина запуска заготовок, которая бы обеспечила выпуск продуктов в заданном количестве и каковы размеры ресурсов, которыми должен быть дополнительно обеспечен технологический процесс. Для поиска решений необходимо рассмотреть более подробно структуру технологического маршрута с вероятностным выходом.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАРШРУТ

Технологический маршрут a_j представляет собой набор операций $a_j^1, a_j^2, a_j^3, \dots, a_j^{N_j}$. Все операции выполняются применительно ко всем узлам, поступившим в обработку на маршруте. Результатом выполнения всех операций применительно ко всем узлам (их количество составляет Z_j), поступившим на маршрут, является множество узлов j -го передела в количестве V_j .

Выполнение операции a_j^n характеризуется расходом ресурсов (трудозатраты, время проведения операции). Каждая операция a_j^k характеризуется следующими показателями расхода ресурсов:

T_j^k – трудоемкость выполнения операции (измеряется во времени);

P_j^k – расценка для оплаты труда за выполнение операции (измеряется в денежных единицах или в часах работы);

$M_j^k(i)$ – количество материала i -го вида (m_i), расходуемого на операции.

Операции маршрута могут выполняться последовательно, параллельно или в заданном порядке следования. В последнем случае на операции накладываются ограничения на порядок выполнения на маршруте. Например, операция a_j^3 может выполняться только после операции a_j^1 и a_j^2 .

Все операции распределены по подразделениям, где они выполняются. Множество подразделений, участвующих в технологическом процессе, представим множеством (d_i).

Значения перечисленных величин определяются при разработке технологических маршрутов и могут служить исходными данными для расчета затрат на запускаемый технологический процесс.

Технологическая операция, кроме детерминированных переменных модели, имеет вероятностную характеристику, которая и определяет величину потерь на маршруте:

X_j^k – величина, которая показывает, какая часть узлов, обрабатываемых на данной операции, уйдет в брак.

Величина X_j^k может быть представлена случайной величиной с заданным распределением или математическим ожиданием. Значение этой характеристики определяется опытным путем через проведение экспериментов, наблюдение за процессом и построение рядов статистических данных.

Операционная характеристика X_j^k определяет потери на операции и может служить основой для оценки потерь на маршруте и во всем технологическом процессе.

При определении потерь узлов на маршруте важное значение имеет порядок выполнения операций на маршруте. Выше мы отмечали, что операции могут выполняться последовательно, параллельно и в заданном порядке. Рассмотрим все три варианта.

Последовательное выполнение операций на маршруте. В данном случае все операции маршрута осуществляются последовательно. Количество узлов, поступающих на операцию, зависит от запуска узлов на маршруте и от показателя потерь на каждой из операций X_j^k . При этом в общем случае X_j^k зависит от того, какие операции прошел узел до поступления на данную операцию. Применительно к образовательному технологическому процессу такая модель трудно применима, так как если и ведется учет потерь студентов на тех или иных дисциплинах, он не учитывает историю прохождения студентом дисциплин. В данном случае общий объем выпуска узлов с маршрута, на который было запущено узлов в объеме Z_j , составит $V_j = Z_j X_j$, где X_j есть величина, характеризующая потери на маршруте и равная произведению всех X_j^k , где $k = 1, 2, 3, \dots, N^j$.

Параллельное выполнение всех операций на маршруте. Здесь все технологические операции на маршруте выполняются параллельно для всех запущенных на маршрут узлов. Этот вариант является более интересным для образовательной отрасли. В образовательном технологическом процессе это можно интерпретировать следующим образом. Технологический маршрут – это совокупность операций по изучению дисциплин учебного плана в течение семестра. В одном семестре студент одновременно изучает несколько дисциплин. Если план семестра студентом не выполнен, он отчисляется с программы обучения (узел попадает в брак). В действительности это не так, но пока примем такое правило. Поскольку студент может «завалить» несколько дисциплин (а обычно так и бывает), модель должна предусматривать способ подсчета потерь узлов на маршруте по причине проведения нескольких неудачных операций с одним и тем же узлом. Здесь нельзя применить предыдущий подход, в котором считается, что обработка узла прекращается после первой неудачной операции.

Как получить характеристику потерь на маршруте X_j ? Одно из простых решений – принять максимальное значение из всех X_j^k , где $k = 1, 2, 3, \dots, N'$, за величину X_j . То есть посчитать, что количество студентов, отчисляемых за неуспеваемость в семестре, не более чем то количество, которое отчислено с дисциплины, характеризующейся самым большим показателем потерь. «Грубый», но простой подход.

В последнее время требования к сдаче дисциплин ослабевают, и модель семестрового обучения плавно разрушается [2]. В свете этого для целей образования более перспективным может быть третий вариант модели, в котором весь технологический процесс представляется как гибкий адаптивный процесс учения в соответствии с гибким временным графиком и заданными последовательностями освоения учебных компетенций.

Выполнение операций в заданном порядке следования. Здесь технологические операции частично выстраиваются в последовательные цепочки, а цепочки связываются между собой условиями предшествования. Такой подход к моделированию образовательного технологического процесса соответствует возникающим в последнее время требованиям со стороны потребителей учебного процесса и новых цифровых технологий, все сильнее влияющих на образовательные процессы. При рассмотрении данного случая весь технологический процесс может быть представлен в виде ориентированного графа с вершинами, соответствующими целевым компетенциям, и дугами, определяющими дисциплины, освоение которых обеспечивает приобретение необходимых компетенций [3].

Начальная вершина графа – это стартовые компетенции студента, а исходящие из вершины дуги – дисциплины освоения образовательной программы. Конечная вершин графа – полный набор компетенций, предусмотренных образовательной программой, а входящие в нее дуги – это заключительные дисциплины образовательной программы.

На основе представленных моделей могут решаться два типа задач. Прямая задача: имитация выполнения технологического процесса обучения при заданной величине начального контингента и определение необходимых при этом ресурсов. Здесь можно осуществлять проведение различных экспериментов над технологическим процессом в режиме «что будет, если» [10]. Обратная задача: определение величины запуска на обучение контингента, обеспечивающего заданный выпуск специалистов, и расчет необходимых при этом ресурсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный в статье вопрос сегодня приобретает большую важность для университетов в связи с разработкой Минобрнауки нового принципа планирования выпуска специалистов. Ведомство планирует в скором времени вести контроль за государственным заказом не на входе в обучение, а на выходе. То есть выполнение государственного заказа будет определяться не количеством набранных на бюджетные места абитуриентов, а количеством выпускников, которые успешно завершили обучение. Контрольные цифры приема в государственном задании превращаются в контрольные цифры выпуска.

Литература

1. *Власов А.И., Михненко А.Е.* Принципы построения и развертывания информационной системы предприятия электронной отрасли // Производство электроники. 2006. № 4. С. 5–12.
2. *Деревягина Д.А., Ким Н.А., Щеглов Ю.А.* Использование статистической информации об учебном процессе сетевой дистанционной школы для интеллектуализации системы управления обучением // Мы продолжаем традиции российской статистики: материалы I Открытого российского статистического конгресса (Новосибирск, 20–22 октября 2015 г.). Новосибирск: НГУЭУ, 2015. С. 231–232.
3. *Деревягина Д.А., Щеглов Ю.А.* Вопросы создания индивидуального производства на рынке образовательных услуг // Актуальные направления научной мысли: проблемы и перспективы: сб. материалов IV Всерос. науч.-практ. (национальной) конф. «Актуальные направления научной мысли: проблемы и перспективы» (Новосибирск, 13–14 марта 2017 г.) / отв. ред. Л.К. Бобров, А.А. Шапошников; Новосиб. гос. ун-т экономики и управления. Новосибирск: НГУЭУ, 2017. С. 68–74.
4. *Королев М.А., Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А.* Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: в 2 ч. Ч. 1: Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / под общей ред. чл.-корр. РАН, проф. Ю.А. Чаплыгина. 3-е изд. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2015. 397 с.
5. *Мироносецкий Н.Б.* Моделирование процессов создания и выпуска новой продукции. Новосибирск: Издательство «Наука». Сибирское отделение, 1976.
6. *Нуриева П.М., Киселев С.Г.* Распределение контрольных цифр приема в вузы: проблемы конкурсного отбора // Образование и наука. 2019. № 6. Т. 21. С. 46–71.
7. Разработка принципов построения ситуационных моделей подотрасли микроэкономики и вычислительной техники для использования в программно-целевом управлении. Отчет о НИР / Науч. рук. Н.Б. Мироносецкий. № ГР 01890076565. Новосибирск: НГУ, 1989.
8. *Соловьев В.И., Сагалаков Е.И.* Процессно-ориентированный подход в комплексном обеспечении подготовки специалистов для высокотехнологичных производств // Инновации в жизнь. 2014. № 4 (11). С. 43–50.
9. *Щеглов Ю.А.* Моделирование специальных технологических процессов // Моделирование процессов управления промышленным производством. Новосибирск: Издательство «Наука». Сибирское отделение, 1981. С. 57–64.
10. *Щеглов Ю.А.* Эксперименты с технологическими процессами // Моделирование в экономических исследованиях. Серия: Математический анализ экономических моделей. Новосибирск: Издательство «Наука». Сибирское отделение, 1978. С. 165–173.
11. *Гоношилов Д.С., Лорето Ордас Маркос.* Моделирование технологических процессов производства электронной аппаратуры инструментами когнитивной графики // Молодой ученый. 2016. № 24 (128). С. 51–59. URL: <https://moluch.ru/archive/128/35415/> (дата обращения: 08.05.2021).
12. *Зарубина Н.К.* Исторические и методологические аспекты планирования контингента студентов при приеме в вуз (научный обзор) // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 2. URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=15141> (дата обращения: 10.05.2021).

Bibliography

1. *Vlasov A.I., Mihnenko A.E.* Principy postroenija i razvertyvanija informacionnoj sistemy predprijatija jelektronnoj otrasli // Proizvodstvo jelektroniki. 2006. № 4. P. 5–12.

2. *Derevjagina D.A., Kim N.A., Shheglov Ju.A.* Ispol'zovanie statisticheskoy informacii ob uchebnom processe setевой distancionnoj shkoly dlja intellektualizacii sistemy upravlenija obucheniem // *My prodolzhaem tradicii rossijskoj statistiki: materialy I Otkrytogo rossijskogo statisticheskogo kongressa* (Novosibirsk, 20–22 oktjabrja 2015 g.). Novosibirsk: NGUJeU, 2015. P. 231–232.
3. *Derevjagina D.A., Shheglov Ju.A.* Voprosy sozdanija individual'nogo proizvodstva na rynke obrazovatel'nyh uslug // *Aktual'nye napravlenija nauchnoj mysli: problemy i perspektivy: sb. materialov IV Vseros. nauch.-prakt. (nacional'noj) konf. «Aktual'nye napravlenija nauchnoj mysli: problemy i perspektivy»* (Novosibirsk, 13–14 marta 2017 g.) / otv. red. L.K. Bobrov, A.A. Shaposhnikov; Novosib. gos. un-t jekonomiki i upravlenija. Novosibirsk: NGUJeU, 2017. P. 68–74.
4. *Korol'ov M.A., Krupkina T.Ju., Reveleva M.A.* Tehnologija, konstrukcii i metody modelirovanija kremnievyh integral'nyh mikroshem: v 2 ch. Ch. 1: Tehnologicheskie processy izgotovlenija kremnievyh integral'nyh shem i ih modelirovanie / pod obshej red. chl.-korr. RAN, prof. Ju.A. Chaplygina. 3-e izd. M.: BINOM, Laboratorija znanij, 2015. 397 p.
5. *Mironoseckij N.B.* Modelirovanie processov sozdanija i vypuska novoj produkcii. Novosibirsk: Izdatel'stvo «Nauka». Sibirskoe otdelenie, 1976.
6. *Nurieva P.M., Kiselev S.G.* Raspredelenie kontrol'nyh cifr priema v vuzy: problemy konkursnogo otbora // *Obrazovanie i nauka*. 2019. № 6. T. 21. P. 46–71.
7. Razrabotka principov postroenija situacionnyh modelej podotrasli mikrojekonomiki i vychislitel'noj tehniki dlja ispol'zovanija v programmno-celevom upravlenii. Otchet o NIR / Nauch. ruk. N.B. Mironoseckij. № GR 01890076565. Novosibirsk: NGU, 1989.
8. *Solov'ev V.I., Sagalakov E.I.* Processno-orientirovannyj podhod v kompleksnom obespechenii podgotovki specialistov dlja vysokotehnologichnyh proizvodstv // *Innovacii v zhizn'*. 2014. № 4 (11). P. 43–50.
9. *Shheglov Ju.A.* Modelirovanie special'nyh tehnologicheskikh processov // *Modelirovanie processov upravlenija promyslennym proizvodstvom*. Novosibirsk: Izdatel'stvo «Nauka». Sibirskoe otdelenie, 1981. P. 57–64.
10. *Shheglov Ju.A.* Jeksperimenty s tehnologicheskimi processami // *Modelirovanie v jekonomicheskikh issledovanijah*. Serija: Matematicheskij analiz jekonomicheskikh modelej. Novosibirsk: Izdatel'stvo «Nauka». Sibirskoe otdelenie, 1978. P. 165–173.
11. *Gonoshilov D.S., Loreto Ordas Markos.* Modelirovanie tehnologicheskikh processov proizvodstva jelektronnoj apparatury instrumentami kognitivnoj grafiki // *Molodoj uchenyj*. 2016. № 24 (128). P. 51–59. URL: <https://moluch.ru/archive/128/35415/> (data obrashhenija: 08.05.2021).
12. *Zarubina N.K.* Istoricheskie i metodologicheskie aspekty planirovanija kontingenta studentov pri prieme v vuz (nauchnyj obzor) // *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik*. 2016. № 2. URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=15141> (data obrashhenija: 10.05.2021).