

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕШЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОХРАНОЙ ТРУДА И ЗАЩИТОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

д-р техн. наук **В.П. Иванов, В.А. Дронченко**
Полоцкий государственный университет

Организация производства требует разработки специалистами и принятия руководителями системы экономически обоснованных технических решений по достижению поставленных целей с реализацией этих решений в составе планирования и управления предприятием. Техническое решение – построение оптимальной структуры объекта или процесса. В качестве объектов выступают средства производства, а в качестве процессов принимают действия рабочих и работу оборудования. Время предстоящего использования технического решения соответствует амортизационному сроку службы оборудования и составляет 6–10 лет.

В технических решениях различают ограничения и параметры оптимизации. Нормативное качество продукции или услуг с необходимой производительностью, безопасный труд работников (отсутствие случаев травмирования рабочих или ухудшения их здоровья) и работа предприятия без загрязнения окружающей среды являются ограничениями, т.е. показателями, которые должны быть обеспечены неукоснительно. Расход производственных ресурсов (материалов, энергии и труда) служит параметром оптимизации, значение которого стремятся минимизировать.

Необходимость процедуры совершенствования выбора лучшего технического решения обусловлена большим объемом работ по реконструкции или техническому перевооружению производства и их влиянием на безопасность труда и защиту окружающей среды, уменьшение сроков и затрат на подготовку этого производства.

Требования к техническому решению:

- содержание принципиально новых элементов;
- пригодность, как для разработки средств производства, так и для разработки его процессов;
- возможность применения в смежных устройствах или процессах (модульность);
- обеспечение ограничений по выпуску продукции или оказанию услуг с надлежащими условиями безопасного труда, без загрязнения окружающей среды;
- экономическая эффективность.

Выполняемыми функциями описывают как технологический процесс, так и технологический объект. Это обуславливает общность подходов, с помощью которых описывают варианты их структур и находят луч-

шую из них. Однако большинство работ или не учитывает новизну и перспективность технических решений, или не рассматривает многооперационность процессов и многоуровневость устройств.

Выбор безопасного и эффективного технологического процесса (устройства) основан на представлении различных сочетаний операций (механизмов), составляющих этот процесс (устройство), с поиском оптимального варианта с использованием процедуры математического программирования. Оценочный критерий (параметр оптимизации) технического решения – сумма затрат на подготовку процесса или создание устройства и затрат на их текущее обеспечение, отнесенных к выпуску единицы продукции или оказание одной услуги.

Постановка задачи структурного синтеза технического решения – из числа существенных его признаков образовать структуру, обеспечивающую безопасное выполнение заданной технологической функции с наименьшими приведенными затратами.

Стремление повысить эффективность решения поставленной задачи обусловило разработку моделей технических решений в виде графов и их оптимизацию. Здесь новизну решений определяет «морфологический анализ» [1, 2], рассматривающий на графах сотни или тысячи сочетаний составляющих операций или механизмов, среди которых обнаруживаются патентоохранные решения. Эффективность решений обуславливает применение динамического программирования.

Различные сочетания операций, образующие технологический процесс, выбирают из графа (рис.), составленного из вершин и дуг. Каждый горизонтальный ряд вершин графа – это i -е подмножество однотипных технологических операций ($i = 1 \dots k$). Операция первого типа представлена m_1 ее видами, операция второго типа – m_2 ее видами и т.д., а операция k -го типа (нижняя строка графа) – m_k ее видами. Виды технологических операций выбираются из учебников и справочников, логических и эвристических представлений о различных способах преобразования энергии и вещества, использовании новых материалов и различных физических эффектов. В граф включают лишь те операции, которые обеспечивают установленные ограничения по безопасности труда, охране окружающей среды и производительности. Модель рассматривает все различные технологические операции как реально существующие, так и потенциально возможные, которые могут быть использованы в процессе.

Длину каждой дуги графа определяют как затраты на подготовку и выполнение последующей операции, отнесенные к одной единице товарной продукции (услуги).

Аналогично, различные структуры технического устройства описываются графом, множество вершин которого соответствует множеству элементарных механизмов, а множество дуг – приведенным затратам на

создание и эксплуатацию последующего механизма. В граф включают лишь те элементы, которые обеспечивают нормативную безопасность, заданные производительность и качество функционирования. Большое количество вариантов решения получают за счет различных сочетаний как известных, так и новых его частей.

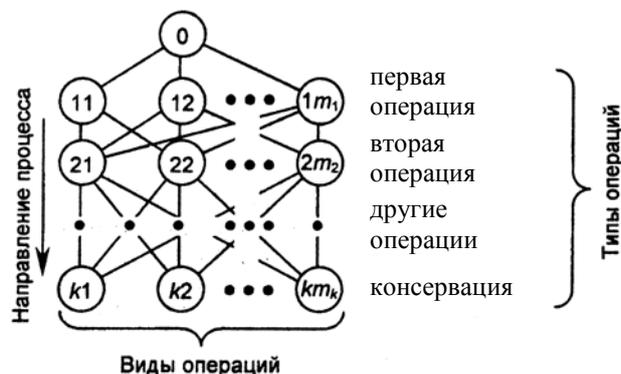


Рис. Граф вариантов безопасного технологического процесса: 1, 2, ..., k – типы операций; m_1, m_2, \dots, m_k – количество видов операций каждого типа

Каждая составляющая технического решения необходима, а все вместе они достаточны для построения технологического процесса или создания технологического объекта. Подмножество вершин, взятых по одной из каждого ряда графа, определяет один вариант решения. Множество таких вариантов W , составленных из конъюнктивно-дизъюнктивных связей «И – ИЛИ», определяется из выражения

$$W \subseteq \dots \vee \dots \vee \dots \vee \dots \wedge \dots \vee \dots \vee \dots \wedge \dots \wedge \dots \vee \dots \vee \dots \vee \dots, \quad (1)$$

где p_{ij} – признаки.

Возможное количество вариантов решений равно произведению $m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_k$. Несовместимость некоторых частей решения между собой сокращает количество его вариантов и окончательно представляет их реальное количество.

Оптимизация технического решения заключается в следующем: из числа возможных типов и видов составляющих решения находят такую их последовательность, которая обеспечивает установленные ограничения по безопасности и производительности труда с наименьшими затратами. На стадии структурного синтеза преимущество отдают новым техническим решениям.

Оптимизация решения выражается в поиске кратчайшего пути из вершины O в одну из вершин нижнего яруса графа а, соответственно, подмножество вершин на этом пути определяют содержание оптимального технического решения. Поскольку факторы и параметры оптимизации заданы в целочисленном виде, оптимальную структуру решения находят с применением динамического программирования. Процедура оптимизации заключалась в следующем [3. 4]: в каком бы состоянии не находилась производственная система в результате определенного числа шагов, после-

дующее управление на ближайшем шаге выбирают таким образом, чтобы оно в совокупности с оптимальным управлением на всех последующих шагах приводило к минимальному расходу производственных ресурсов PP (в стоимостном выражении) на всех оставшихся шагах, включая данный

$$PP_{i+1} = \min (\text{по всем вершинам графа}) [PP_i + PP_{(i+1)-1}], \quad (2)$$

где i – операции процесса (механизмы устройства); PP_{i+1} – расход производственных ресурсов при выполнении $i+1$ операций (создание $i+1$ механизмов) ; PP_i – расход ресурсов при выполнении i операций (создание i механизмов) при условии, что соответствующая часть процесса выбрана оптимальным образом; $PP_{(i+1)-1}$ – расход ресурсов при выполнении $(i+1)$ -ой операции процесса (создание $(i+1)$ -го механизма).

Аналогично выполняют оптимизацию технического решения по выбору средства технологического оснащения.

Требования безопасности труда и охраны окружающей среды должны быть учтены и приведены в технологической документации (в т.ч. в маршрутной и операционной картах, карте эскизов, технологической инструкции и руководстве по эксплуатации). Полноту отражения требований безопасности устанавливают с учетом особенностей технологического процесса и применяемых средств, норм и требований стандартов ССБТ, санитарных норм и правил и других документов, в которых изложены требования безопасности труда, утвержденных в установленном порядке.

Расход производственных ресурсов на подготовку и выполнение одной технологической операции или создание технологического объекта включают капиталовложения в здания, оборудование, приспособления и инструмент, текущие затраты на амортизацию основных фондов, затраты на работу и поддержание (техническое обслуживание) и восстановление ресурса (ремонт) оборудования и приспособлений, стоимость материалов и энергии в объеме их норм расхода, заработную плату с начислениями и утилизацию отходов

$$PP = \sum_1^k M_k C_k + \sum_1^n \Delta_n C_n + \sum_1^t t_{ш.-к} \left(C_{ч.р} + C_{м.-ч.о} + K_o k_o \Phi_{д.о}^{-1} \right) \quad (3)$$

где M_k и C_k – норма расхода (кг, м³ и др.) и цена материала (руб./кг, руб./м³ и др.) k -го вида, соответственно; Δ_n и C_n – норма расхода (Дж) и стоимость энергии (руб./Дж) n -го вида, соответственно; $t_{ш.-к}$ – трудовой норматив времени (норма штучно-калькуляционного времени), мин; $C_{ч.р}$ – часовая ставка рабочего, руб./ч; $C_{м.-ч.о}$ – стоимость машино-часа работы оборудования, руб./м-ч; K_o – капиталовложения в оборудование, руб.; k_o – доля капиталовложений, приходящихся на год эксплуатации оборудования, год⁻¹; $\Phi_{д.о}$ – годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч/год.

Среди технических решений, синтезируемых графами, встречаются новые патентоохранные решения (не обязательно оптимальные).

Метод выбора технического решения основан на учете многообразия освоенных и гипотетически возможных составляющих способов обработки изделий, удовлетворяет установленным ограничениям по безопасности, качеству и производительности и обеспечивает наименьшие затраты на свою реализацию. Если производственные возможности предприятия не позволяют внедрить предложенное решение, то путем исключения его неосуществимых признаков можно найти другое решение, наиболее близкое к оптимальному.

Модульность технических решений заключается в создании процессов или средств из блоков (модулей), сочетание которых определяют конкретными задачами и условиями производства. Модульный процесс объединяет в себе преимущества единичного процесса (учитывает особенности конкретной детали), типового процесса (сохраняет идею типизации на уровне обработки модуля поверхностей), группового процесса (объединяет разные детали в группы даже в единичном производстве) и придает процессу гибкость [5]. Он, например, позволяет применить ограниченное количество модульных технологических операций к обработке неограниченного количества деталей, позволяет внедрить поточную организацию работ в мелкосерийном и единичном производствах. Производство, построенное на модульном принципе, становится гибким, способным в кратчайшие сроки с минимальными затратами перейти на производство продукции или оказания услуг новых видов с минимальным объемом технологической подготовки производства. Применение модульных технологий наиболее эффективно при подготовке многономенклатурного производства. Капитальные затраты на создание модульного комплекса оборудования ниже, чем типового оборудования. Реконструкция производства может выполняться поэтапно, средства, полученные от эксплуатации первых модулей, могут быть использованы для изготовления нового оборудования.

Заключение. Предложен метод синтеза технического решения, обеспечивающего безопасный труд рабочих и экологическую безопасность производства, включающего описание в виде графа множества сочетаний технологических операций (устройств) и отличающийся выбором наилучшего решения с помощью динамического программирования, учетом ограничений по критериям допустимого риска здоровья рабочих при минимальном расходе производственных ресурсов. Изменяющееся соотношение затрат на материалы, энергию и заработную плату и появление новых технических решений требует периодического пересмотра результатов оптимизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zwicky F. Entdecken, Erfinden, Torschen im morphologischen Wettbild. Munchen – Zurich, Knaur, 1966.
2. Гончаров, В.А. Методы оптимизации: учеб. пособие для вузов / В.А. Гончаров; МИЭТ НИУ. – М.: Юрайт, 2014. – 192 с.
3. Беллман, Р. Динамическое программирование (пер. с англ.) / Р. Беллман. – М.: Иностранная литература, 1960. – 400 с.
4. Гринченков, Д.В. Математическая логика и теория алгоритмов для программистов: учеб. пособие для вузов / Д.В. Гринченков, С.И. Потоцкий. – М.: Кнорус, 2014. – 206 с.
5. Васильев, А.Л. Модульный принцип формирования техники / А.Л. Васильев. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 240 с.

МАЛЫЙ БИЗНЕС И ЭКОНОМИКА ЗНАНИЙ

д-р экон. наук В.Л. Ключня

Белорусский государственный университет

А.С. Ващенко

Полоцкий государственный университет

Малый и средний бизнес обладают высоким потенциалом развития экономики страны. Поэтому именно на субъекты малого предпринимательства и на увеличения их роли делает акцент правительство Республики Беларусь в программах социально-экономического развития. В данной программе малый и средний бизнес занимает почтительную равновесную позицию с крупными предприятиями на уровне 50 %.

Удельный вес микроорганизаций и малых организаций в основных экономических показателях представлен в таблице 1 [1].

Таблица 1

Удельный вес микроорганизаций и малых организаций в основных экономических показателях, %

	2011	2012	2013	2014	2015
Валовой внутренний продукт	14,5	15,0	14,9	14,8	14,2
Средняя численность работников	17,9	18,4	19,4	19,1	18,3
Объем промышленного производства	11,8	10,5	9,5	9,1	9,3
Инвестиции в основной капитал	25,9	26,1	26,7	30,7	23,5
Выручка от реализации продукции, товаров, работ, услуг	29,4	26,7	27,7	27,8	29,0
Объем внешней торговли товарами	29,6	28,5	27,8	30,6	33,6
Экспорт товаров	33,9	30,0	26,2	32,7	41,4
Импорт товаров	25,8	27,0	29,3	28,7	26,7

Источник [1].

Сравнительный анализ данных таблицы выявляет следующие закономерности: