УДК 338.45

JEL C61, D24, L23, L52, O14

DOI: 10.17213/2312-6469-2019-5-113-122

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ КОНКУРЕНТО-СПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© **В.С. Жамкова 2019**

*Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова
Российской академии наук, г. Москва, Россия*

Задача эффективного управления производством сводится к обеспечению производства необходимыми ресурсами таким образом (в то время, в том количестве и качестве, и по той цене), чтобы достичь максимального эффекта от осуществляемых видов деятельности, выполнять в срок программу по производству конкурентоспособной продукции. Ее решение зависит от множества факторов, а также особенностей и специфики отраслевого производства (производства ракетно-космической техники), в условиях возникновения постоянных изменений и новых ограничений. Этот ряд ограничений становится препятствием к достижению поставленных целей, а процесс принятия управленческих решений осложняется высоким уровнем неопределенности и вариативности возникновения событий. В сложившихся неидеальных обстоятельствах необходимо осуществлять непрерывный, итерационный процесс анализа и прогнозирования ситуаций, а также поиска вариантов применения тех стратегий управления производством и логистикой, которые помогут наилучшим образом организовать производственный поток, чтобы снижать издержки, выполнять производственную программу и генерировать прибыль.

Ключевые слова: *производственно-логистические процессы, производственные потери, производственные мощности, бережливое производство, моделирование.*

ANALYSIS OF PRODUCTION FACTORS OF THE COMPETITIVENESS OF ORGANIZATIONS IN THE ROCKET AND SPACE INDUSTRY

© **V.S. Zhamkova 2019**

*V.A. Trapeznikov Institute for Control Studies RAS,
Moscow, Russia*

The task of effective production management is to provide the production with the necessary resources in such a way as to achieve the maximum effect from the work performed, to fulfill the program for the production of competitive products on time. Its solution depends on many factors, as well as on the characteristics and features of industrial production (production of space rocket technology), in the face of constant changes and new re-

strictions. The number of restrictions becomes an obstacle to achieving goals, and a high level of uncertainty and variability of events complicate the process of making managerial decisions. In these imperfect circumstances, it is necessary to carry out a continuous iterative process of analysis and forecasting of situations, as well as look for options for applying those production and logistics management strategies that will help to organize the production flow in the best way, reduce costs, execute the production program and make a profit.

Key words: *production and logistics processes, production losses, production capacities, lean manufacturing, modeling.*

Система производственных факторов конкурентоспособности включает в себя следующие группы: технологические, технические, производственные мощности и возможности, загрузка, инфраструктура, производственные потери, система производственного планирования и управления.

Рассмотрим данные группы факторов на примере предприятий ракетно-космической отрасли.

Технологические факторы

К отличительным чертам, характеризующим технологические факторы на предприятиях ракетно-космической отрасли, следует отнести: уникальность технологии (отсутствие технологий на других предприятиях), массово-габаритные характеристики получаемых (обрабатываемых) изделий, наличие предприятий полного цикла производства.

Технические факторы

Техническое состояние отрасли характеризуется следующими показателями: высокий средний износ специального технологического оборудования, рост количества нового оборудования в основном за счет механообрабатывающего и испытательного оборудования, значительная доля оборудования возрастом свыше 20 лет.

Основными факторами, обуславливающими низкие показатели технического уровня производства, являются: недостаточная доля автоматизации и механизации технологических операций обработки, небольшая доля оборудования с программным управлением и обрабатывающих центров, высокая доля трудоемкости изготовления деталей на подобных станках.

Производственные мощности

Производственные мощности предприятий в среднем загружены лишь наполовину. Следует отметить, что высокие показатели загрузки у нового оборудования, в то время как использование при изготовлении новых изделий физически изношенного и морально устаревшего оборудования способствует увеличению трудоемкости и удлинению цикла изготовления изделий, а в отдельных случаях приводит к снижению качества выполнения технологических операций.

Производственные возможности

Сравнение показателей производственных возможностей предприятий с фактической загрузкой предприятий позволяет получить объектив-

ную оценку уровня загрузки предприятий. При этом уровень загрузки производственных мощностей и уровень использования производственных возможностей могут отличаться в два и более раз.

В целом по отрасли производственные возможности предприятий загружены практически полностью, в то время как основные фонды – вдвое меньше. Количество оборудования может послужить причиной увеличения издержек на его содержание, как следствие, увеличения себестоимости конечного изделия.

В составе отрасли имеются предприятия со сбалансированной структурой загрузки производственных мощностей и возможностей (на $\frac{3}{4}$), что является характеристикой эффективного использования. Для предприятий с высокой долей опытно-конструкторских работ данный уровень загрузки является оптимальным.

Загрузка

Следует отметить, что в целом по отрасли загрузка предприятий крайне неравномерная с пиками и снижением. Анализ загрузки проводился с учетом планируемых работ по изготовлению серийной продукции и опытно-конструкторских работ в действующей кооперации, предусмотренных Федеральной космической программой России на 2016-2025 гг. [1, 2], с учетом выделения групп предприятий по виду применения конечной продукции.

Инфраструктура

Основные производственные цеха предприятий отрасли построены в 50-60-х гг. Несмотря на значительный возраст, большинство производственных зданий имеют приемлемый физический износ и пригодны к дальнейшей эксплуатации.

Производственные потери

Производство на большинстве предприятий построено по предметно-замкнутому принципу организации производства. Они имеют практически полный спектр обрабатывающих технологий в обеспечении создания изделий: заготовительное производство (литье, раскатка, штамповка и т.д.), механообрабатывающее производство, сборочно-сварочное производство, электромонтажное и испытательные площадки.

Данная организация производства имеет следующие недостатки:

- необходимость содержания значительного количества технологий, несмотря на малый процент загрузки оборудования некоторых из технологических переделов;
- проблематичность создания условий для эффективного использования высокотехнологичного оборудования из-за изготовления конструктивно и технологически подобных деталей в различных цехах.

Основные потери, характерные для предприятий:

1. Транспортировка и перемещение: для выполнения плана производства в ряде случаев необходимо осуществить значительные перемеще-

ния деталей и сборочных единиц; присутствуют многоходовые маршруты с многочисленными цехо-заходами и участко-заходами; удаленность участков друг от друга, вызывающая необходимость транспортировок, перемещений и ожиданий.

2. Перепроизводство: основное место концентрации – цеха заготовительно-штамповочного производства вследствие партионного запуска с целью обеспечения загрузки, снижения времени переналадки оборудования (кузнечно-прессового, литейного и др.), а также для компенсации возможных скрытых дефектов на последующих операциях.

3. Дефекты вследствие сложности конструкции обрабатываемых деталей, использования морально устаревшего и физически изношенного оборудования, значительной доли доводочных операций и т.д.

В связи с партионным запуском и невозможностью разделить партию в случае возникновения проблем с одной деталью приостанавливается обработка всей партии.

4. Запасы, склады – запасы материалов и заготовок на складах обоснованы необходимостью закупок по транзитным нормам поставщика. Такие запасы экономически трудноуправляемы и слабо контролируемы.

В связи с вышеперечисленным, обобщение анализа производственных факторов выглядит следующим образом:

Предприятия имеют низкую загрузку производственных мощностей, при этом высокую загрузку производственных возможностей, что свидетельствует о наличии неиспользуемых мощностей и производственных площадей, которые будут только расти в плановый период в связи с выходом из эксплуатации ряда изделий.

Недостаточно высокий технический уровень в совокупности с изношенными основными фондами приводит к росту себестоимости производимой продукции вследствие увеличения производственных потерь.

При сохранении действующей кооперации наблюдается явный дисбаланс загрузки предприятий.

Отмечаются задержки перевода изготовления продукции на этапе серийного производства на серийные заводы из опытных заводов конструкторских бюро. При тенденции роста объема производства продукции конструкторских бюро в плановый период они не смогут обеспечить производство в своем текущем состоянии при необходимом заказе.

Таким образом, для минимизации производственных рисков в части обеспечения выполнения госзаказа, повышения эффективности производственных площадок, а также минимизации себестоимости товарной продукции необходимо разработать мероприятия по оптимизации производственных мощностей с перераспределением номенклатуры производимой продукции, по возможности дифференцируя опытное производство и производство серийных партий.

Анализ производственных мощностей необходим для планирования развития действующего производственного потенциала и нового строительства как единого целого, разработки мероприятий по устранению внутрипроизводственных и межпроизводственных диспропорций, а также для развития отраслевой и межотраслевой кооперации, является важнейшей частью технико-экономического обоснования плана производства (бизнес-планов, программ деятельности и т.п.). На его основе устанавливаются возможные объемы выпуска продукции и, в сопоставлении с потребностью в ней, определяются необходимое увеличение производственных мощностей за счет технического перевооружения, реконструкции, расширения действующих и строительства новых объектов (или уменьшение за счет ликвидации, сдачи в аренду и т.п.).

Для устранения вышеперечисленных недостатков, вызывающих непроизводительные потери ресурсов (включая время), широко применяются принципы бережливого производства – подхода к менеджменту, направленного на оптимизацию производственных процессов.

Применение инструментов бережливого производства выдвигает высокие требования к таким принципам, как системность, непрерывность совершенствования, осознанность долгосрочности последствий принятия решений, открытость информационного обмена; предполагает итерационный подход к улучшению процессов, их стандартизацию.

Перечень инструментов бережливого производства представлен в табл. 1.

Использование инструментов локально и отстраненно от принципов бережливого производства не принесет существенных улучшений производственному процессу, потенциально может нанести им вред. Практика неосознанного и несистемного применения данных инструментов во многом дискредитировала сам подход, абсолютно необоснованно.

Для предотвращения подобных эффектов, поддержки и страховки управленческих компетенций целесообразно применение высококачественного автоматизированного инструментария, включающего современные системы планирования и управления производством, модельные решения, «цифровые двойники производств» для предварительной отработки внедрения принципов в цифровой среде, а не на «живом» производстве.

Текущее состояние системы управления и планирования ресурсов (ERP) в организациях ракетно-космической отрасли характеризуется:

- наличием систем на многих предприятиях;
- внедрением различных систем управления запасами и снабжением на большинстве предприятий;
- на некоторых предприятиях реализована автоматизация управления производством, управления качеством, управления персоналом, управления бизнес-процессами, управления сбытом. Часть из них находится в процессе внедрения модулей бизнес-аналитики;

Таблица 1

Основные инструменты бережливого производства

Инструмент	Принцип применения	Результат применения
Диаграмма добавляющей стоимости	Группировка операций в рамках одного процесса по принципу увеличения стоимости	Позволяет отделить операции, добавляющие стоимость, от не добавляющих
«5 почему»	Итерационное определение причин возникновения негативных последствий, начиная с описания проблемы до выявления корневой причины ее образования	Определение корневых причин исследуемой проблемы
«8 видов потерь»	Отображение всех потерь процесса в соответствии с их видами	Позволяет определить все потери исследуемого процесса
Диаграмма Ишикавы	Описание причин ошибок по 6 измерениям: измерение показателей, персонал, методы, материалы, оборудование, среда	Позволяет структурировать множество потенциальных причин и идентифицировать наиболее вероятные (коренные) причины
Спагетти диаграмма	Отображение физических перемещений объекта на карте с учетом условного масштаба	Иллюстрирует сложность физических перемещений с учетом расстояния между пунктами назначений и количества итераций
Принцип – 5С	5С: Сортировка предметов, соблюдение порядка, содержания в частоте, стандартизация и совершенствование рабочего места	Способствует повышению продуктивности рабочего процесса за счет эффективной организации рабочего места
Карта параллельной работы	Отображение всех действий каждого сотрудника в течение смены (работы) на временной шкале с целью выявления простоев	Позволяет выявить потери и резервы свободного времени каждого сотрудника и эффективно перераспределить работы между ними
Стандартизация операционных процессов	Формирования документа, содержащего подробную информацию по операциям, необходимым для реализации процесса	Формирует более четкое понимание рабочего процесса сотрудниками
Основы всеобщего ухода за оборудованием	Вовлечение работников в процесс ежедневной диагностики и профилактики оборудования для стабилизации процесса производства	Повышение эффективности технического обслуживания

– отсутствие комплексного подхода к внедрению системы управления и планирования ресурсами, наблюдается лишь фрагментарное децентрализованное внедрение отдельных модулей;

– большая номенклатура применяемого на предприятиях программного обеспечения, как лицензионного от различных производителей, так и созданного коллективами программистов самих предприятий. Эта ситуация затрудняет обмен данными как внутри предприятия, так и с отраслевыми институтами, а также делает практически невозможной автоматизацию получения аналитики управляющей компанией.

Перспективным инструментом видится создание «цифровых двойников производств», разработка систем динамического (имитационного) моделирования для поддержки принятия решений по управлению производственными факторами предприятий ракетно-космической промышленности. Необходимость ее разработки обусловлена отсутствием единой системы поддержки принятия решений по управлению производством ракетно-космической промышленности.

Наличие системы динамического моделирования является существенным преимуществом решения важнейших задач по достоверной оценке потребности в инвестициях в форме капитальных вложений, выполнимости производственной программы, долгосрочного анализа и планирования возможностей предприятия по выпуску продукции, оценке эффективности предлагаемых управленческих решений. Применение системы позволит:

– представить производственную систему предприятия с ее динамическими процессами в экспериментальной модели для достижения предполагаемых или заданных результатов;

– проверить воздействие событий на производственные мощности предприятия в модели для осуществления поддержки принятия управленческих решений;

– учесть вариативность событий и элементов производственной системы, их взаимодействия во времени.

В табл. 2 представлена схема построения имитационной модели производства.

Моделирование представляет собой создание цифровой модели с описанием производственных цепочек процесса изготовления изделий во взаимосвязи с перспективной производственной программой выпуска. Результатом применения является детальное описание мощностей производства, в т.ч. итерационный расчет максимальной пропускной способности производственных участков и рабочих мест по видам производств и испытаний, определение максимальной производительности по изготовлению изделий при изменении параметров цифровой модели.

На сегодняшний день планирование загрузки производственных мощностей осуществляется по среднему значению, что приводит к опозданию производства в 50% случаев.

Таблица 2

Этапы создания имитационной модели

Этапы создания ИМ	Содержание работ
Построение модели	<ul style="list-style-type: none"> – сбор данных; – верификация данных (проверка); – валидация данных (уточнение); – подготовка специалистов; – опытно-промышленная эксплуатация системы
Сценарный анализ	<ul style="list-style-type: none"> – моделирование вариантов производственных систем для достижения поставленной цели; – технико-экономическая оценка каждой модели в режиме реального времени
Выбор варианта и разработка плана	– выбор наилучшего варианта модели производственной системы, гарантирующий желаемый результат
Реализация плана. Достижение целей	<ul style="list-style-type: none"> – реализация проекта; – достижение ключевых показателей эффективности
Формирование новых целей	– формирование новой цели для перехода к сценарному анализу

Общепринятый подход к планированию загрузки мощностей предполагает нивелирование влияния вариативности увеличением уровня запасов, однако влияние вариативности нуждается в детальном измерении и проработке.

Небезопасность использования статичных показателей для принятия управленческих решений проявляется в следующем:

При оценке возможности выполнить заказ к определенной дате учитываются только статические показатели цикла производства, пропускной способности и незавершенного производства (НЗП), возникают ошибки планирования, которые приводят к следующим нежелательным явлениям:

- частые отклонения от графика производства;
- авралы;
- простои и сверхурочные работы;
- срывы сроков;
- снижение пропускной способности;
- рост запасов в НЗП и на складах;
- рост длительности выполнения заказа;
- рост операционных и капитальных затрат;
- снижение рентабельности.

Для устранения ошибок при принятии решений, предлагается использовать системный подход с применением имитационного моделирования.

ния производства. Такой вариант подхода к решению проблем имеет большой потенциал, т.к. позволяет показать прозрачность процессов, при этом в модели четко проиллюстрированы причинно-следственные связи. Это позволяет быстро и эффективно анализировать «узкие места» и проводить оптимизационные мероприятия, которые полностью без риска исследуются в имитационной модели. Это защищает от риска решения, чем выгодно отличается от прочих подходов. Имитационная модель производства оказывает информационную поддержку принятия решений, учитывающую вариативность (время процессов, процессы поставки ПКИ, наработка оборудования на отказ, ремонты, брак), реализуя следующие задачи:

- оценка мощностей производства для оценки реализуемости выполнения заказа в срок;
- оценка необходимости (эффективности) инвестиций в модернизацию оборудования и совершенствование процессов;
- выявление «узких мест», разработка мероприятий по их устранению, проверка с помощью имитации на ранних стадиях планирования.

На рис. 1 приведен график распределения затрат при внедрении и «без» имитационного моделирования.

Преимущества внедрения имитационного моделирования выражаются в следующих эффектах:

- соотношение затрат и выгод 1:6 (на практике немецких компаний, уже внедривших данный подход);
- минимизация инвестиционных рисков;
- предотвращение затратных экспериментов с реальным процессом;
- ускорение окупаемости затрат.

Рис. 1. График распределения затрат при внедрении имитационного моделирования

Одной из ключевых задач «Стратегии развития Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» на период до 2025 года и перспективу до 2030 года» [3] является необходимость оптимизации производственного потенциала отрасли, что позволит существенно повысить финансовую устойчивость организаций Корпорации и производительность труда.

Для реализации стратегических задач предлагается законодательное закрепление необходимости проведения имитационных экспертиз производства, а также возобновление работы «служб мощностей» для разработки и сопровождения имитационных моделей.

Разработка и внедрение соответствующих инструментов на предприятиях отрасли в сочетании с созданием единой информационной системы управления производством, позволит проводить оперативный мониторинг производственного состояния предприятий и принимать решения по оптимизации производственного потенциала отрасли по созданию ракетно-космической техники.

Литература

1. Основные положения Федеральной космической программы России 2016-2025 годы. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru/22347/>.
2. ФЦП: Федеральная космическая программа России на 2016-2025 годы. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2016/443/?yover=2021>.
3. «Стратегии развития Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» на период до 2025 года и перспективу до 2030 года». [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.roscosmos.ru/media/files/docs/2017/doklad_strategia.pdf.

Поступила в редакцию

15.09.2019

Жамкова Валерия Сергеевна – аспирант Института проблем управления им. В.А.Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН), г. Москва, Россия.

Zhamkova Valeriya S. – Graduate student of the V.A. Trapeznikov Institute for Control Studies RAS (ICS RAS), Moscow, Russia.

Россия, 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 65
65, Profsoyuznaya str., Moscow, 117997, Russia
e-mail: zhamkova.v@ya.ru