

**Министерство образования
Российской Федерации
Новокузнецкий филиал-институт
Кемеровского государственного университета**

И.Г. Степанов

Организация производства

Учебное пособие

Новокузнецк 2003

УДК 658(075)
ББК 65.290–80
С79

Печатается по решению методического совета Новокузнецкого филиала-института Кемеровского государственного университета

Рецензенты:

кафедра экономики и управления производством
Сибирского государственного индустриального университета
(зав. кафедрой кандидат экономических наук Н.А. Ефимов);
кандидат экономических наук, доцент Ю.Н. Мусатов

Степанов И.Г.

С79 Организация производства: Учеб. пособие / НФИ КемГУ. –
Новокузнецк, 2003. – 93 с.
ISBN 5-8353-0237-1

В учебном пособии рассматриваются теоретические и методические вопросы организации производства на промышленных предприятиях. С позиций системного подхода дается классификация задач организации производства, построена система принципов организации производства. Представлены сущность и содержание таких важнейших принципов организации производства как непрерывность и пропорциональность. Рассмотрено содержание категорий организации производства: производственные процессы и система, производственная мощность, ведущее звено и узкое место. Представлен ряд закономерностей организации производства, выявленных на основе имитационного моделирования производственных процессов, методика количественной оценки уровня организации производства.

Предназначено для студентов специальностей «Менеджмент организации», «Маркетинг», «Экономика и управление на предприятии (промышленность)» 4–5 курсов всех форм обучения, аспирантов, преподавателей экономических и технических вузов, руководителей предприятий и экономистов.

УДК 658(075)
ББК 65.290–80

© Новокузнецкий филиал-институт
Кемеровского государственного
университета, 2003

ISBN 5-8353-0237-1

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Теоретические основы организации производства	5
1.1 Сущность и содержание организации производства	5
1.2 Функции и задачи организации производства	9
1.3 Методы исследования организации производства	13
1.4 Организация производства как фактор интенсификации и ее состояние на предприятии	20
2 Система принципов организации производства	33
2.1 Назначение системы принципов. Принцип непрерывности	33
2.2 Принцип пропорциональности	43
2.3 Принцип ритмичности	50
2.4 Механизм взаимодействия принципов организации производства и формирования системы принципов	57
3 Некоторые категории и закономерности организации производства	61
3.1 Ведущее звено и узкое место производственной системы	61
3.2 Некоторые закономерности организации производства	66
4 Методика оценки и анализа уровня организации производства	74
4.1 Анализ существующих методик оценки уровня организации производства	74
4.2 Методологические основы оценки уровня организации производства	77
4.3 Расчет уровня организации производства в прокатных цехах	86
Библиографический список	92

ВВЕДЕНИЕ

Социально-экономическое развитие страны предполагает подъем народного хозяйства на принципиально новый научно-технический и организационно-экономический уровень, перевод его на рельсы интенсивного развития. Основой интенсификации производства наряду, с научно-техническим прогрессом (НТП), коренной структурной перестройкой экономики, активным внедрением наиболее эффективных форм управления и новых методов хозяйствования, является совершенствование организации производства. Это позволит интенсивнее использовать созданный производственный потенциал, а также в значительной мере будет способствовать ускорению НТП.

Сегодня существует значительное отставание организационной стороны производства от технической, что приводит к снижению эффективности производства. Одной из основных причин такого положения является слабое развитие теории организации производства, что вызвано главным образом отсутствием потребности в ней практики. Практика же не была заинтересована в теории потому, что не ставила перед собой далеко идущие цели, а ограничивалась в лучшем случае выполнением спущенных сверху планов, что неизбежно в условиях централизованного планирования. Отсюда предприятия, вынужденные скрывать свои резервы, не стремились к объективной оценке организационного уровня и не проводили целенаправленной работы по совершенствованию организации производства.

С переходом предприятий на рыночные отношения возрастает их заинтересованность в решении организационных вопросов, и это требует более современного теоретического и методического обеспечения.

Повышение уровня организации производства требует и решения ряда теоретических проблем, основными из которых являются классификация и содержание задач организации производства, методы исследования организации производства, принципы организации и их взаимодействие, методы оценки ритмичности производства и обоснования оптимальных пропорций производственных мощностей, количественная оценка и анализ уровня организации производства.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

1.1 СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Рассмотрим содержание и взаимосвязь таких понятий как производственная система и производственный процесс.

Любое производство представляет собой совокупность трех элементов: средств труда, предметов труда и рабочей силы. Существуют две стороны производства – структурная и функциональная.

Понятие *«производственная система»* несет в себе структурную характеристику производства, т.е. его строение, характер связей между отдельными элементами. С этих позиций производство рассматривается в статике, так как структура является достаточно стабильной. Другими словами, производственная система представляет совокупность элементов производства, способных выполнить определенную функцию – осуществить выпуск определенного количества продукции соответствующего качества в заданные сроки.

Понятие *«производственный процесс»* отражает функциональную сторону производства, т.е. его динамику, и представляет собой целенаправленное изменение состояний предметов труда (изменяющих свои физические или химические свойства, геометрические размеры, положение в пространстве), средств труда (изменяются режимы работы оборудования для выполнения тех или иных операций по обработке предметов труда) и рабочей силы, в результате чего из исходного сырья получают готовый продукт.

Таким образом, производство выступает как единство производственной системы и производственного процесса. Общими для них являются элементы производства: материальные (средства и предметы труда) и личные (рабочая сила). Необходимым условием протекания производственного процесса является наличие производственной системы. И чем разумнее, продуманнее спроектирована производственная система, тем в большей мере создаются предпосылки для наиболее эффективного протекания производственного процесса. Но именно предпосылки, поскольку производственная система может обладать большими возможностями, но не всегда эти возможности могут быть реализованы – это уже зависит от того, каким образом будет организован производственный процесс.

В организации нуждаются обе стороны производства – производственная система и производственный процесс. Для более глубокого представления сущности этого вопроса рассмотрим стадии развития производства. Можно выделить три стадии: проектирование, эксплуатацию и совершенствование производственных систем. На стадии проектирования решаются, как правило, вопросы пространственного сочетания элементов производства. К ним относятся формирование производственной структуры предприятия в целом и отдельных его производственных подразделений, их специализация, определение профессионально - квалификационного состава работников с учетом разделения и кооперации труда, определение потребности отдельных производственных подразделений в сырье, материалах, полуфабрикатах, размеров их запасов и незавершенного производства. Кроме того, на этой стадии решается ряд вопросов, связанных с необходимостью сочетания элементов производства во времени, в частности, обоснование плановых нормативов движения предметов труда.

На стадии эксплуатации производственных систем решаются вопросы сочетания элементов производства во времени, что находит выражение в установлении порядка запуска-выпуска изделий, уточнении нормативов движения предметов труда, поддержании на должном уровне запасов и незавершенного производства, в бесперебойном снабжении рабочих мест сырьем, материалами и др.

Стадия совершенствования производственных систем зачастую не имеет ярко выраженного временного интервала. В результате НТП постоянно совершенствуются техника и технология, изменяются номенклатура и структура выпускаемой продукции, происходит замена одних видов сырья, материалов, энергии другими видами. Эти изменения требуют постоянной работы по совершенствованию организации производства как в пространственном, так и во временном аспектах.

Указанные стадии охватывают, таким образом, все периоды "жизни" производственных систем, начиная от проектирования, эксплуатации и заканчивая их перестройкой (реконструкцией, модернизацией). При этом перестройка может осуществляться неоднократно. Стадии тесно связаны и их следует рассматривать в комплексе.

В настоящее время общепринятая формулировка понятия организации производства отсутствует.

В большинстве случаев под организацией производства понимается рациональное соединение в пространстве и во времени материальных и личных элементов производства с целью выпуска продукции в

требуемых количествах, высокого качества при наиболее эффективном использовании всех выделенных предприятию ресурсов [1–3]. В некоторых формулировках отмечается также, что целью организации производства является выполнение планов.

Такое понимание организации производства имеет ряд недостатков.

Во-первых, смешиваются содержание самой организации производства и ее цели. Правильнее было бы сказать, что организация производства направлена на интеграцию элементов производства, а уж сама степень интеграции будет характеризовать уровень организации производства.

Во-вторых, организация производства должна быть направлена на выполнение планов, но этого недостаточно. Далеко не всегда предприятия, выполняющие планы, имеют высокий уровень организации производства. Кроме того, помимо направленности на обеспечение выпуска определенного количества и качества продукции, организация производства должна решать задачи выявления резервов увеличения объемов выпускаемой продукции (при имеющейся в ней потребности) и снижения издержек производства. Это особенно актуально в современных условиях.

Ряд авторов отмечают, что организация производства является наукой. Можно ли согласиться с этим? Если сравнивать ее с такими науками, как физика, химия, математика и некоторыми другими, где имеются общепризнанные понятия, законы и закономерности, то сравнение явно не в ее пользу. Но что нужно для того, чтобы какая-либо отрасль знаний считалась наукой? А.И. Ракилов формулирует несколько следующих требований, которым должна удовлетворять наука:

1 Наука есть знание, зафиксированное в определенной системе знаков, построенной на основании точных правил.

2 Наука всегда фиксируется в максимально определенном языке.

3 Наука есть система знаний о законах функционирования и развития объектов.

4 Наука представляет знание, эмпирически проверяемое и подтверждаемое.

5 Наука представляет собой систему непрерывно пополняющихся знаний. Это пополнение происходит при помощи наиболее совершенных методов.

6 Наука обладает составом, в который входят предмет (совокупность проблем и задач, решаемых наукой), теория и гипотеза, метод,

факт (описание эмпирического материала).

Если начать с последнего пункта, то можно сказать, что организация производства обладает собственным составом: она имеет свой предмет – интеграцию материальных и личных элементов производства в пространстве и во времени; имеет метод – как общий, так и специальный. Общим является диалектический метод, специальным, речь о котором пойдет ниже, – системный подход. Имеется также достаточно развитая теория, которая в общем виде представляет собой систему научного знания, описывающую и объясняющую некоторую совокупность явлений, дающую знания реальных оснований выдвинутых положений и сводящую открытые в данной области закономерные связи к единому началу.

Знания, образующие теорию, постоянно расширяются как количественно, так и качественно, о чем свидетельствуют широкие исследования в области организации производства. Эмпирического материала организация производства, связанная с конкретным производством, имеет более чем достаточно, новые знания можно эмпирически проверять. Имеется в организации производства и определенная, хотя и неполная, и не общепринятая, система знаков (понятий, категорий).

Единственное, что не в полной мере отвечает перечисленным выше требованиям, это отсутствие специфических законов организации производства. Теория организации производства развивается, базируясь на общих законах – законах политической экономии, в частности, законах планомерного и пропорционального развития, экономии времени, стоимости и др. Думается, что недалеко и то время, когда будут выведены специфические законы организации производства. Что такое собственно закон? Закон – это утверждение, отражающее предмет данной науки и носящее всеобщий характер. Он объективен, носит достоверный характер и в процессе развития науки не опровергается, а изменяется только область его применения. Согласно теории науковедения понятия "закон" и "принцип" одностепенны и в определенных случаях закон становится принципом.

На сегодняшний день организация производства имеет ряд общепризнанных принципов, как, например, непрерывность, пропорциональность, ритмичность, их достаточно развитую теорию, и это говорит о возможности формулирования специфических законов организации производства.

Несмотря на большой объем научных исследований (и соответственно публикаций), организация производства не сформировалась

еще в виде целостной научной дисциплины.

Можно считать, что организация производства – это формирующаяся наука, которая ждет своих науковедов, способных обобщить богатейший, но разрозненный материал, и представить организацию производства в виде, соответствующем логическим идеалам построения науки. Другими словами, нужны организаторы науки "организация производства". Попытки такого рода уже имеются, примером чего является книга В.А. Летенко и О.Г. Туровца [1].

Возвратимся, однако, к понятию организации производства. Учитывая вышесказанное, будем понимать под *организацией производства* науку об интеграции средств труда, предметов труда и рабочей силы на стадиях проектирования, эксплуатации и совершенствования производственных систем.

1.2 ФУНКЦИИ И ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Функции организаций производства в настоящее время сформулированы недостаточно четко, и среди отечественных ученых относительно их нет единого мнения. Наиболее четко и однозначно эти функции представлены в [1] и сводятся к следующему: организации подготовки производства; организации основных производственных процессов; организации вспомогательных и обслуживающих процессов; организация технического " контроля качества; организации оперативного планирования производства; организации труда работающих; организации управления предприятием.

В каждой из этих функций можно выделить личный и материальные элементы производства, которые в процессе производства нуждаются в интеграции. Так, например, в процессе управления средствами труда являются технические средства управления, предметом труда – информация, которую необходимо собрать, передать и переработать.

Указанные функции в основном перекликаются с функциями организации производства, выделяемыми американскими учеными, получение и анализ данных и разработка на их основе мероприятий, относящихся к использованию зданий, сооружений и оборудования, планировке производственных участков, расстановке персонала, установлению режимов и методов ведения операций и процессов производства, календарному планированию, нормированию, разработке систем и ставок заработной платы, издержкам производства, системам контроля

качества и проверки количества выработанных продуктов и услуг.

Остановимся на вопросе, который ученые трактуют по-разному: о принадлежности функции оперативного планирования. Одни считают его функцией организации производства, другие – управления производством. Опять же нет и единого мнения относительно связи между управлением и организацией производства: одни считают, что организация является функцией управления, другие – наоборот.

Во-первых, следует отметить, что основными функциями оперативного планирования являются разработка календарных планов (графиков) производства, контроль и регулирование хода производства (т.е. диспетчирование). При решении этих задач осуществляется обеспечение интеграции основных элементов производства в процессе эксплуатации производственной системы, т.е. организация производства.

Теперь о соотношении понятий "организация производства" и "управление". Следует различать такие понятия как *«управление народным хозяйством»*, *«управление промышленностью»* и отраслю, *«управление предприятием и управление производством»*.

Управление предприятием охватывает все сферы деятельности предприятия: административно-хозяйственную, социально-экономическую, производственную, в том числе и организацию производства на предприятии. Поэтому организация производства является функцией управления предприятием. В свою очередь управление производством, обеспечивающее функционирование производственного процесса посредством контроля и регулирования, является функцией организации производства.

Каждая из функций организации производства реализуется посредством решения ряда задач. В первую очередь представляют интерес задачи основной функции – организации основных производственных процессов, а также некоторые задачи ряда других функций, непосредственно связанных с основной, в частности, организация вспомогательных и обслуживающих процессов, технического контроля качества, оперативного планирования производства, труда работников.

С целью классификации задач выделим два признака классификации: по принадлежности к определенным стадиям развития производственных систем и по характеру отношения к отдельным элементам производства.

Обратимся вначале к первому признаку. Ранее были выделены три стадии развития производственных систем: проектирование, эксплуатация, совершенствование. На третьей стадии подход к решению

организационных задач и сам их круг в основном аналогичны первой стадии – проектированию, что позволяет эти стадии (в плане классификации задач) объединить. Совокупность задач, решаемых на этих стадиях, назовем проектными и, соответственно, решаемых на второй стадии – эксплуатационными.

Используя второй признак классификации, в каждой из названных групп задач можно выделить задачи, распространяющиеся на какой-либо конкретный элемент производства или на все сразу. Назовем эти задачи элементными, если они охватывают один элемент, и общими, если несколько элементов. Кроме этого, следует выделить также круг специфических задач, присущих другим функциям, которые здесь рассматриваться не будут.

Группа проектных задач. Задачи, входящие в эту группу, разделяются на три подгруппы: применительно к средствам труда, предметам труда и рабочей силе.

В первую входят следующие задачи:

- ✓ обоснование производственной структуры предприятия (состав основных и вспомогательных цехов, обслуживающих хозяйств, их специализация, производственные мощности);
- ✓ обоснование производственной структуры цехов, участков, отделений (состав основного и вспомогательного оборудования, единичная мощность оборудования, специализация участков, рабочих мест);
- ✓ резервирование оборудования с целью повышения надежности производственных систем;
- ✓ обоснование оптимальной загрузки оборудования.

Во вторую подгруппу входят следующие задачи:

- ✓ выбор схемы материального потока для предприятия в целом и для отдельных его подразделений;
- ✓ обоснование плановых нормативов движения предметов труда и определение нормативной длительности производственного цикла;
- ✓ обоснование необходимости буферных устройств между отдельными ступенями (фазами) производственной системы для создания запасов предметов труда, размеров всех видов запасов и емкости буферных устройств для их хранения.

Третья подгруппа включает следующие задачи:

- ✓ обоснование профессионально - квалификационного состава работников с учетом разделения и кооперации труда, а также обес-

печения высокого уровня надежности производственной системы;

- ✓ выбор форм оплаты труда и разработка положений по стимулированию работников за своевременное освоение проектных показателей, за экономию различного вида материальных ресурсов, за соблюдение заданных режимов работы и т.д.;

- ✓ разработка документов, регламентирующих права и обязанности участников производственного процесса.

Следует подчеркнуть, что решение задач организации производства на этом этапе базируется на данных об объеме производства, номенклатуре и структуре выпускаемой продукции, принятой технике и технологии производства.

Группа эксплуатационных задач. Задачи, входящие в эту группу, можно разделить на четыре подгруппы: общие (охватывающие все элементы производства) и относящиеся к средствам труда, предметам труда и рабочей силе.

В первую подгруппу входят следующие задачи:

- ✓ разработка оперативных планов (графиков) производства продукции по отдельным технологическим переделам; контроль и регулирование производства, исходя из заданных оперативных планов (графиков);

- ✓ разработка рациональных графиков ремонта оборудования;
- ✓ анализ издержек производства и разработка мероприятий по их снижению; оценка и анализ организационного уровня; разработка мероприятий по совершенствованию организации производства и обоснование очередности их реализации.

Вторая подгруппа включает следующие задачи:

- ✓ оценка загрузки оборудования, выявление резервов повышения его загрузки и обоснование путей их использования;

- ✓ выявление узких мест в производственной системе и обоснование целесообразности их устранения; обоснование резервов производственных мощностей с целью повышения надежности функционирования производственной системы.

В рамках третьей подгруппы решаются следующие задачи:

- ✓ контроль и поддержание необходимых запасов сырья, материалов и полуфабрикатов;

- ✓ выявление резервов сокращения длительности производственного цикла за счет снижения сверхнормативных задержек в движении предметов труда;

- ✓ анализ качества продукции и определение путей его повы-

шения за счет организационных факторов;

- ✓ оценка, анализ ритмичности производства и разработка мероприятий по ее повышению;
- ✓ корректировка нормативов движения предметов труда; разработка графиков (закрепленных, контактных и др.) для цехов, участков, агрегатов, групп оборудования.

К четвертой подгруппе относятся следующие задачи:

- ✓ повышение квалификации работников;
- ✓ анализ резервов рабочего времени и обоснование путей их использования;
- ✓ совершенствование систем материального стимулирования;
- ✓ внедрение передовых методов и форм организации труда;
- ✓ повышение трудовой дисциплины и улучшение условий труда.

В следующих разделах рассмотрены достаточно подробно способы решения большинства из перечисленных задач, за исключением задач, связанных с функцией организации труда, которые рассматриваются в специальной литературе по этому вопросу.

1.3 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Специальным методом науки "Организация производства" является системный подход.

Система представляет собой определенную совокупность взаимосвязанных элементов, объединенных общей целью функционирования, и образующую устойчивое единство и целостность. Это универсальное понятие, которое охватывает различные объекты: структурные и функциональные, материальные и идеальные и т.п. Ранее уже говорилось о производственной системе как системе в структурном плане; в свою очередь, производственный процесс также можно рассматривать как систему в функциональном плане.

Сущность системного подхода заключается в учете взаимосвязей и взаимовлияния между элементами системы и влияния внешней среды. Следует иметь в виду, что любая система является одновременно частью (подсистемой, элементом) другой, более сложной системы, и ее составляющие в свою очередь могут быть представлены как самостоятельные системы. К примеру, мы можем рассматривать предприятие как систему, состоящую из элементов (цехов, участков, служб). В то же вре-

мя предприятие будет элементом системы более высокого уровня – отрасли, а цех может являться системой более низкого уровня. По своей сути системный подход представляет собой логический способ мышления, исходя из которого "интересы" функционирования отдельных элементов подчиняются главной цели функционирования всей системы.

В настоящее время в практической деятельности по организации производства наиболее широкое распространение имеют традиционные методы: экспериментальный, расчетный, аналитический, графический. Эти методы достаточно подробно описаны в литературе по организации производства, они довольно просты, удобны в использовании, однако, как правило, не обеспечивают реализации системного подхода, т.е. отдельные участки, единицы оборудования рассматриваются изолированно друг от друга. Таким образом, в настоящее время и в теории, и в практике организации производства утвердилось правило, согласно которому расчеты необходимого количества единиц оборудования проводятся отдельно для каждой ступени (фазы) производственной системы, считая, что если на каждой ступени это оборудование обеспечивает обслуживание заданного объема предметов труда, то тем самым достигаются необходимые условия протекания производственного процесса.

Однако такой подход приводит к серьезным ошибкам. Ошибки еще в большей мере возрастают из-за того, что названные методы базируются на условии стабильности, детерминированности процесса. Однако в реальных условиях процессы, особенно на металлургических предприятиях, имеют вероятностный характер, что проявляется в случайных затратах времени на выполнение технологических операций, транспортировку предметов труда. Причин тому много. Это и нестабильный состав сырья, и недостаток точных контрольно-измерительных приборов, дающих оперативную информацию о протекании технологических процессов, и многие другие – вплоть до погодных условий.

Наиболее существенное влияние на величину коэффициента вариации временных параметров оказывает непосредственное участие человека в производственном процессе. И чем в большей мере участие человека при выполнении той или иной операции, тем выше этот коэффициент. И, наоборот, в автоматических процессах, где ручной труд практически исключен, коэффициент вариации приближается к нулю. Так, например, на непрерывных прокатных станах, где процесс прокатки автоматизирован, коэффициент вариации времени прокатки заготовки в клети находится в пределах 2–3%. Колебания времени прокатки вызваны, в основном, различием в длине заготовок. А на блюминге, где

процессом прокатки управляет вручную оператор, этот коэффициент достигает 30–40%. Такое различие объясняется психофизиологическими свойствами человека, различием в уровне квалификации отдельных работников.

Системный подход в наибольшей мере может быть реализован путем использования математического моделирования. В последнее время оно играет все более заметную роль в решении задач организации производства. Широкое распространение для описания производственных процессов получили аналитические методы массового обслуживания. Многие производственные системы на металлургических предприятиях можно представить как системы массового обслуживания, основными элементами которых являются входящий поток, очередь предметов труда (требований), поступающих на обслуживание, обслуживающая система и выходящий поток.

В связи с тем что основные параметры систем массового обслуживания – интенсивность входящего потока (среднее количество требований, поступающих в систему на обслуживание в единицу времени) и интенсивность обслуживания (среднее количество требований, обслуживаемых одним каналом обслуживания в единицу времени) – являются случайными величинами, всегда имеется некоторая вероятность образования очереди требований перед обслуживающей системой. Время ожидания в очереди и длина очереди связаны с коэффициентом загрузки системы K_3 , который определяется по формуле

$$K_3 = \lambda / n * \mu, \quad (1)$$

где λ и μ – соответственно интенсивность входящего потока и обслуживания;

n – число каналов в обслуживающей системе.

В общем случае эта зависимость представлена на рисунке 1. Как видно из рисунка 1, увеличение коэффициента загрузки системы (а следовательно, и повышение уровня использования производственной мощности) вызывает значительное увеличение очереди предметов труда. Поэтому при выборе оптимального варианта организационного построения системы (число каналов обслуживания, их производительность, емкость буферных устройств) необходимо соизмерять потери от недоиспользования мощности оборудования с потерями от замедления движения предметов труда, с одной стороны, и затратами на создание буферных устройств для хранения предметов труда, с другой.

Таким образом, теория массового обслуживания дает знание о механизме внутреннего взаимодействия между показателями использования средств труда и движения предметов труда, что особенно важно при проектировании производственных систем.

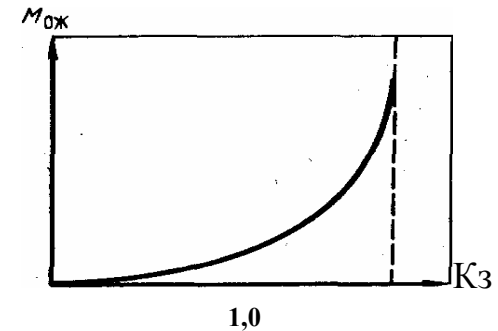


Рисунок 1 – Зависимость между длиной очереди предметов труда $M_{ож}$ и коэффициентом загрузки системы $K_з$

При использовании большинства стандартных моделей массового обслуживания должны выполняться два основных условия:

- ✓ входящий поток должен быть простейшим (пуассоновским);
- ✓ время обслуживания должно подчиняться показательному закону распределения.

Исследование потоков предметов труда (материальных потоков) на металлургических предприятиях показало, что в большинстве случаев они являются простейшими. Особенно это характерно для систем, где имеется несколько источников требований – основных агрегатов (доменные, мартеновские, конвертерные, электросталеплавильные цехи). Однако, даже если входящий поток отличен от простейшего, использование аппарата теории массового обслуживания целесообразно для получения приближенных оценок.

Что касается времени обслуживания, то анализ работы производственных систем показал, что на металлургических предприятиях показательное распределение встречается крайне редко. Наиболее распространено нормальное распределение. Однако доказано, что использование моделей массового обслуживания при любых законах распределения времени обслуживания (отличных от показательного) не приводит к существенным погрешностям.

Достоинствами аналитических моделей являются их сравнитель-

ная простота, незначительные затраты времени на реализацию. С помощью этих моделей достаточно адекватно описываются одноканальные, многоканальные системы массового обслуживания, а также системы массового обслуживания с полной и частичной взаимопомощью между каналами, с групповым потоком требований.

При всех их достоинствах следует сказать, что они дают хорошие результаты при моделировании относительно простых систем – в основном, однофазных. В большинстве же случаев производственные системы являются многофазными, для них математический аппарат теории массового обслуживания разработан недостаточно полно. Поэтому для использования имеющихся моделей приходится идти по пути расчленения производственной системы на отдельные подсистемы – однофазные и, в крайнем случае, двухфазные и описывать их локальными моделями, а затем осуществлять стыковку этих моделей.

Эта задача достаточно сложная, и она еще в большей мере усложняется, если между фазами имеются буферные устройства. В таком случае для определения величины запаса и емкости буфера необходимо привлекать теорию управления запасами. Опыт моделирования производственных систем показывает, что аналитические модели массового обслуживания целесообразно использовать для анализа функционирования и проектирования систем, состоящих максимум из двух–трех фаз.

Значительно большие возможности для решения задач организации производства предоставляет имитационное моделирование. В связи с развитием вычислительной техники оно получило широкое распространение. Сущность его состоит в реализации на ЭВМ специально построенного моделирующего алгоритма, имитирующего при помощи операций машины поведение элементов сложной системы и взаимодействие между ними с учетом случайных факторов. При этом вводится система технологических и организационных ограничений, основными из которых являются объем производства, номенклатура и структура выпускаемой продукции, технически возможная производительность каждого вида оборудования, периодичность и продолжительность ремонтов оборудования, правила, регламентирующие создание промежуточных буферных устройств, и др.

Одним из достоинств имитационного моделирования является возможность с его помощью осуществлять анализ блокировок одних ступеней производственной системы другими. Блокировка – это явление, характерное для многофазных систем с жесткой связью (таких, где в силу технологических особенностей невозможно создание между фа-

зами буферных устройств). В таких системах в процессе их функционирования наблюдается смещение очереди предметов труда в предшествующую фазу, что приводит к увеличению времени обслуживания в ней. Разница между фактическим и необходимым временем обслуживания и является временем блокировки. Например, готовая плавка из сталеплавильного агрегата не выпускается до тех пор, пока не освободятся разливочный кран и разливочная площадка (или МНЛЗ), в результате чего увеличивается продолжительность плавки и ухудшается качество металла.

Использование математических методов дает возможность количественно оценить большое число вариантов организации производственной системы и выбрать оптимальный. В качестве критерия оптимальности целесообразно использовать показатель издержек в системе. Этот критерий имеет такой вид:

$$G = \min \left[\sum (g_{1i} * M_{ож} + g_{2i} * S_i + g_{3i} * N_{oi} + g_{4i} * N_{3i} + m_i E_n * K_i) T \right], \quad (2)$$

где G – суммарные издержки в системе за время T , руб.;

g_{1i} , g_{2i} , g_{3i} , g_{4i} – соответственно в единицу времени потери, связанные с простоем в очереди одного требования; издержки на содержание единицы запаса; потери, связанные с простоем одного канала обслуживания; затраты на обслуживание одного требования в i -й фазе, руб.;

$M_{ож}$ – средняя длина очереди перед i -й фазой, ед.;

S_i – средняя величина запаса (задела) предметов труда перед i -й фазой, ед.;

N_{oi} – среднее число простаивающих каналов обслуживания в i -й фазе, ед.;

N_{3i} – среднее число занятых каналов обслуживания в i -й фазе, ед.;

m_i – количество каналов обслуживания в i -й фазе, ед.;

E_n – коэффициент экономической эффективности, приведенный к принятой в данном расчете единице времени, руб./руб.;

K_i – капитальные вложения в расчете на один канал обслуживания в i -й фазе, руб.;

n – количество фаз.

Значения составляющих $M_{ож}$, S_i , N_{oi} , N_{3i} определяются путем моделирования.

Для случая, когда во всех рассматриваемых вариантах объем

производства остается неизменным, составляющая $q_i N_3 = \text{const}$ и из выражения (2) может быть исключена. В нем также вместо составляющих $M_{ожи} * T$ и $N_{oi} * T$ могут использоваться характеристики τ_1, τ_2 – соответственно суммарное время простоя предметов труда в очереди и простоя каналов обслуживания за время T .

В тех случаях, когда производится выбор графиков ремонта оборудования, в целевой функции (2) необходимо учитывать затраты на содержание ремонтного персонала и техники, имея в виду, что прямые затраты материальных и трудовых ресурсов на ремонты для всех вариантов в связи с неизменной длительностью ремонтов и межремонтных периодов будут постоянными.

Для определения значения критерия (2) необходимо дать экономическую оценку потерь от простоев оборудования. Решение этой задачи требует уточнения ряда вопросов. В первую очередь следует выявить последствия, вызванные простоем какой-либо единицы оборудования (элемент системы), для всей производственной системы и на основании этого найти состав потерь. Эти последствия определяются значимостью данного элемента в системе и производственной мощностью участка, где располагается этот элемент. Так, например, простой основного агрегата приведет к потерям не только на участке, где располагается данный агрегат, но и на других технологически связанных с данным агрегатом участках, а также к потере прибыли в связи с сокращением объема производства.

Простой вспомогательного оборудования при незначительном превышении его мощности над мощностями других участков может привести к аналогичным последствиям, а при значительном превышении – к потерям лишь на участке, где установлено данное оборудование. Потери будут особенно ощутимы в случае жесткой связи между участками. При наличии же буферного устройства потери от простоя, на взаимосвязанных участках могут возникнуть лишь через некоторое время, в течение которого будет израсходован запас предметов труда. Следует иметь в виду, что на этих участках может простаивать не все оборудование, а лишь какая-то его часть.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что потери в производственной системе от простоя какого-либо элемента системы неоднозначны и зависят от многих факторов – мощности участка, где расположен простаивающий элемент, наличия буферных устройств, времени простоя.

В основу расчета потерь в единицу времени от простоев отдель-

ных элементов системы можно положить формулу, используемую в настоящее время в практической деятельности для определения потерь от простоев системы в целом и имеющую вид:

$$g_i = \alpha P_c \quad (3)$$

где α – условно-постоянные расходы в данной системе, руб./т;
 P_c – средняя производительность системы в единицу времени, т.
Как правило, в формуле (3) за единицу времени принимается час.

1.4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАК ФАКТОР ИНТЕНСИФИКАЦИИ И ЕЕ СОСТОЯНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Интенсификация производства предполагает значительное усиление роли организации производства. Основными направлениями интенсификации являются улучшение использования имеющегося производственного потенциала и ускорение НТП. Реализация и того, и другого направления требует изменения подхода к решению задач организации производства.

Если выделить две стороны производства: техническую, охватывающую технику и технологию, и организационную, и проанализировать связи между ними, то эти связи оказываются неоднозначными. С одной стороны, уровень организации производства может быть высоким при низком техническом уровне, и наоборот. Эти два уровня существуют как бы независимо друг от друга. С другой стороны, между этими уровнями существует и определенное взаимовлияние: совершенствование организации производства подталкивает развитие техники и технологии и, в свою очередь, развитие техники и технологии требует поиска новых методов организации производства.

Надо сказать, что технической стороне всегда уделяется значительно больше внимания, что организационной, что проявляется в разработке новых технологий и техники. Отставание организационной стороны приводит к тому, чем уровень использования новой техники недостаточно высок. Это снижает эффективность производства и приводит к сдерживанию НТП. Возрастание роли организации производства в этих условиях объясняется тем, что потери от недоиспользования нового, высокопроизводительного и, соответственно, более дорогого оборудования достаточно велики, а также необходимостью ускорения

НТП: чем выше будут темпы освоения новой техники, тем больше стимулов и возможностей для дальнейшего ее совершенствования.

Понимание необходимости совершенствования организации производства пришло не сегодня. Несмотря на определенные успехи в этой области, отставание организационной стороны от технической приобрело к настоящему времени хронический характер. Одной из основных причин такого положения является отсутствие на предприятиях специальных подразделений и конкретных работников, занимающихся организацией производства и отвечающих за ее состояние. Сегодня ею на предприятиях занимаются руководители всех рангов – от бригадира до директора, но все понемногу и никто конкретно.

Полезно было бы изучить и перенять опыт развитых стран, где как на предприятиях, так и в цехах созданы службы (отделы, группы, бюро) организации производства. Работники этих служб тесно сотрудничают с технологами, оценивают эффективность различных вариантов технологических и организационных решений, анализируют существующее производство с точки зрения состояния техники, технологии и организации производства и вносят предложения по их совершенствованию, не занимаясь при этом непосредственно разработкой технологии и решением оперативных вопросов.

На отечественных предприятиях функции, близкие к перечисленным, выполняют отделы научной организации труда и управления и бюро организации труда в цехах. Однако они свое внимание уделяют лишь одному элементу производства – рабочей силе. Проектные организационные задачи также не имеют необходимого кадрового обеспечения.

Другой важной причиной отставания организационной стороны производства является слабое развитие теоретических и методических вопросов организации производства. Прежде всего следует отметить отсутствие надежных и отработанных способов количественной оценки уровня организации производства. Уровень организации производства характеризует состояние организации производства на предприятиях, в цехах, и его оценка является существенным рычагом совершенствования организации производства. Потребность в такой оценке возникает при решении как проектных, так и эксплуатационных задач организации производства.

Недостаточное внимание, уделяемое этому вопросу, является одной из основных причин сравнительно невысокой эффективности производства. Высокий уровень использования элементов производства

возможен лишь при наличии целенаправленной и систематической работы по анализу их использования с учетом взаимосвязей между ними при умении соизмерять возможный и фактический уровень их использования и на основе этого определять резервы повышения организационного уровня и, наконец, реализовывать эти резервы. Одним словом, разработка правильной стратегии и тактики совершенствования организации производства возможна лишь на основе объективной оценки достигнутого в данной области.

Усилия, прикладываемые для решения этой задачи, явно недостаточны и малоэффективны. Здесь и невысокий научный уровень существующих методик оценки уровня организации производства, и отсутствие должного стремления экономических служб предприятий к решению этих вопросов. Чем вызвано последнее обстоятельство? Среди работников предприятий довольно широко распространено мнение относительно того, что оценка степени выполнения плановых показателей (объема производства, себестоимости, производительности труда) в достаточной мере характеризует в целом уровень организации производства.

Однако этого недостаточно. Практика централизованного планирования производственно-хозяйственной деятельности предприятий по принципу "от достигнутого уровня" привела к тому, что предприятия не были заинтересованы показывать свои резервы и принимать напряженные планы. Поэтому выполнение отдельных плановых показателей еще не говорит о высоком уровне организации производства, ибо отсутствует возможность судить о степени напряженности планов. В условиях, когда предприятия вынуждены скрывать свои резервы, у них не возникало потребности в показателе уровня организации производства, который, отражая степень использования основных элементов производства, является комплексным, и по нему можно судить об использовании производственного потенциала.

Таким образом, наблюдалась тривиальная картина: нет спроса – нет предложений, т.е. отсутствие потребностей практики не стимулировало развития теории, и даже имеющиеся теоретические разработки практикой отвергались. Произошедшие изменения в хозяйственном механизме вселяют уверенность в том, что в скором времени вопросам организации производства на предприятиях будет уделяться более серьезное внимание, чем раньше.

В условиях рыночной экономики у предприятия исчезают "стимулы" к сокрытию резервов, наоборот, оно заинтересовано в том, что-

бы иметь полную информацию о своих возможностях и о наличии резервов. Предприятие, с одной стороны, стремится к выпуску большего количества продукции, конкурентоспособной на внутреннем и внешнем рынках, а с другой – сознательно создает резервы (в виде производственных мощностей, запасов сырья, полуфабрикатов) с целью повышения надежности обеспечения потребителей. Но эти резервы обоснованы, и их расчет является неременной и обязательной задачей экономических служб предприятия.

О недостатках в теории и практике организации производства свидетельствует неудовлетворительный уровень решения большинства задач организации производства. Остановимся коротко на этом вопросе и рассмотрим состояние дел по решению проектных и эксплуатационных задач организации производства на примере металлургических предприятий.

Не разработана теория, отсутствует методика решения таких проектных задач, как резервирование оборудования с целью повышения надежности производственных систем, обоснование его оптимальной загрузки. В недостаточной мере как теоретически, так и методически проработаны вопросы, связанные с обоснованием необходимой структуры производственной системы. В рамках этой задачи требуется выполнить обоснование пропорций производственных мощностей взаимосвязанных переделов, основного и вспомогательного оборудования в разрезе отдельных цехов, основных производств и вспомогательных и обслуживающих подразделений. Выше уже отмечалось, что используемые для этой цели традиционные методы не дают качественного решения задачи, а математические методы не получили должного развития и отражения в официальных методиках.

Рассматривая эту задачу, необходимо иметь в виду, что обоснование и поддержание необходимых пропорций производственных мощностей особенно важно для металлургических предприятий, где между отдельными ступенями производственной системы в большинстве случаев существует связь в виде потоков горячего металла (так называемая горячая связь).

Отклонение от необходимых пропорций приводит, с одной стороны, к относительно низкой загрузке оборудования, а с другой, при отсутствии жестких ограничений на длину очереди предметов труда к образованию их очередей перед отдельными ступенями. Последнее обстоятельство при наличии горячей связи приводит к потере тепла металлом и к увеличению в дальнейшем расхода топлива на дополни-

тельный нагрев остывшего металла, к увеличению угара металла в связи с возрастанием времени его нагрева и, как следствие, к ухудшению технико-экономических показателей. Таким образом, наличие горячей связи является важнейшей особенностью металлургического производства.

Вторая его особенность заключается в том, что металлургическое производство представляет собой совокупность незначительного числа основных агрегатов большой единичной мощности (доменные печи полезным объемом до 5500 м³, конвертеры и электропечи емкостью соответственно до 350 и 200 т, блюминги и предельные станы мощностью до 6 млн. т и более и т.д.) и соответственно высокой стоимости. Следствием нарушения необходимых пропорций являются простои основных агрегатов, что приводит к значительному увеличению эксплуатационных расходов и недополучению большого количества продукции.

Третья особенность – ярко выраженный случайный характер металлургического производства.

Важной особенностью являются также различие фонда времени работы оборудования, расположенного на разных ступенях, и разная его удельная производительность. Разница в фонде времени работы возникает из-за неодинаковой длительности ремонтов и межремонтных периодов. Следствием такого положения является необходимость создания буферных устройств между ступенями, а там, где это невозможно в силу технологических особенностей, следует предусматривать резервы мощности оборудования для компенсации блокировок.

И еще одна важная особенность – динамизм мощностей, под которым понимается процесс увеличения мощности отдельных элементов производственной системы в результате НТП. Процесс этот объективен, и в нем наглядно прослеживается диалектика производства. Однако ему присуща некоторая стихийность, что проявляется в неравномерном развитии отдельных элементов из-за их различной способности к наращиванию мощности и неодинакового внимания, уделяемого учеными и производственниками тем или иным элементам (как правило, большее внимание уделяется основному оборудованию).

Так, среднегодовые темпы прироста производственных мощностей доменных печей и конвертеров составляют 3–3,5%. Прирост производственных мощностей доменных печей осуществляется за счет повышения температуры дутья, содержания кислорода в дутье, давления газа под колошником, увеличения расхода природного газа, улуч-

шения качества исходных материалов и др.; конвертеров – за счет повышения интенсивности продувки, стойкости футеровки, сокращения времени горячего резерва и др. Что же касается сопряженных с основными агрегатами вспомогательных участков, то эти темпы значительно ниже. Так, в конвертерных цехах они находятся в пределах 0,02–2,5% (самые низкие – в отделениях подготовки лома и миксерном, самые высокие – в разливочном).

Учитывая это явление, целесообразно выделить два типа элементов производственной системы, различающиеся темпами прироста производственной мощности: динамичные и статичные. Первые являются более активными и имеют больший относительный прирост мощности, в результате чего статичные элементы со временем превращаются в узкие места. Следовательно, при проектировании новых и реконструкции действующих производственных систем, обосновывая пропорции, необходимо на основе разрабатываемых прогнозов учитывать динамику производственных мощностей и заранее закладывать резерв в статичные элементы.

Этот резерв может создаваться в виде резервов производственных площадей и мощностей. Первый из них может иметь место, когда устранение возникших диспропорций не требует остановки производства или эти остановки непродолжительны. В противном случае может оказаться целесообразным второй вид резерва. При обосновании целесообразности создания того или иного вида резерва, его размера необходимо решать экономическую задачу, связанную с соизмерением потерь от содержания этих резервов с эффектом за счет более полного использования производственных мощностей динамичных элементов.

Основные положения, регламентирующие проектирование отдельных производственных систем на цеховом уровне, содержатся в Нормах технологического проектирования. Однако в них не в должной мере учитываются названные особенности металлургического производства, взаимосвязи и взаимовлияния между отдельными элементами производственной системы, не принимается во внимание соотношение между стоимостью основного и вспомогательного оборудования, что вызывает различные по уровню потери от недоиспользования того и другого оборудования.

Правда, при расчете оборудования в ряде цехов в указанных Нормах сделана попытка учесть вероятностный характер производства через коэффициенты неравномерности (рекомендуемые их значения находятся в пределах 1,1–1,3). Эти значения эмпирические и, как пока-

зывают исследования производственных процессов на металлургических предприятиях с помощью математического моделирования, в основном заниженные. Что касается межцеховых пропорций производственных мощностей, то здесь формальные методы расчета отсутствуют и решения принимаются на основе опыта и интуиции и, естественно, что при этом не удастся достаточно полно учесть особенности металлургического производства.

Рассмотрим в качестве примера существующие точки зрения на пропорции производственных мощностей в прокатных цехах – самых дорогостоящих элементах металлургических предприятий. Наличие жесткой связи между всеми участками и агрегатами прокатного стана вызывает простои всего стана в случае задержки в работе одного из них. В основе проектирования прокатных цехов лежит правило, согласно которому обязательным является полное обеспечение основной ступени (собственно стана, т.е. линии рабочих клетей) вспомогательными. При этом подразумевается, что мощность вспомогательного оборудования на каждом из участков должна быть выше мощности основной ступени.

Такой подход вполне логичен, так как стоимость оборудования основной ступени значительно превышает стоимость оборудования на каждой из вспомогательных ступеней. Однако относительно величины этого превышения среди специалистов единое мнение отсутствует. Особенно это характерно для двух наиболее важных ступеней, в которых сосредоточена подавляющая доля активной части основных фондов прокатных цехов: подсистемы «печи – собственно стан».

Так, в нормативных материалах (Нормы технологического проектирования прокатных и трубных заводов черной металлургии) отмечается, что максимальная расчетная производительность печей должна приниматься равной максимальной производительности стана. А.Ф. Метс считает, что для согласования работы печей и стана необходимо равенство их часовых производительностей, однако при проектировании следует закладывать некоторый резерв мощности для печей [7]. А.И. Сероватин предлагает проектировать печи производительностью на 10–15% выше максимальной производительности стана [8]. Нет единого мнения на этот счет и среди специалистов-проектировщиков прокатных и печных отделов Гипромеза: по мнению одних, максимальная производительность печей должна быть на 20–25% выше средней производительности стана, по мнению других, она должна быть равна максимальной производительности стана.

Следствием такого подхода к решению задачи обоснования структуры производственной системы на стадии ее проектирования является появление в процессе эксплуатации узких мест, устранение которых, осуществляемое методом "проб и ошибок", требует длительного времени, что в конечном счете выливается в существенные потери из-за недоиспользования производственных мощностей.

В таблице 1 приведены данные, характеризующие соотношение производственных мощностей участков (отделений) двух конвертерных цехов Западно-Сибирского металлургического комбината (ЗСМК), заложенное в проекты этих цехов. Соотношения представлены в виде коэффициентов пропорциональности, определяемых отношением мощности соответствующего участка (отделения) к мощности конвертерного отделения, умноженного на расходный коэффициент сырья (материала) данного отделения на 1 т стали.

Таблица 1 – Коэффициенты пропорциональности отделений конвертерного цеха

Цех	Отделение					
	конвертерное	подготовка лома	миксерное	загрузочный пролет	разливочное	раздевания слитков
1	1,0/1,0	2,14/1,43	2,31/1,54	3,53/2,35	1,06/0,70	2,19/1,46
2	1,0/1,0	1,67/0,83	1,82/0,91	9,84/4,92	1,78/0,89	2,64/1,32
Примечание – В числителе – коэффициенты при работе цеха с резервным конвертером, в знаменателе – без резервного конвертера.						

Из таблицы 1 видно, что в цехе № 1 при работе по схеме с резервным конвертером резервы мощности по отделениям колеблются в широких пределах – от 6 (разливочное) до 253% (загрузочный пролет). Запас мощности разливочного отделения незначителен, и оно, как это случилось на практике, довольно быстро после ввода цеха в эксплуатацию стало узким местом и потребовало реконструкции. Более ровные коэффициенты пропорциональности во втором цехе (за исключением загрузочного пролета). Видно также и то, что в первом цехе все отделения, кроме разливочного, способны обеспечить работу цеха без резервного конвертера, чего не скажешь о втором цехе. В целом картина довольно пестрая и никакой закономерности не просматривается.

Так, например, запас мощности (по схеме работы с резервным конвертером) миксерного отделения в цехе № 1 составляет 131%,

а в цехе № 2 – 82 %, разливочного отделения – соответственно 6 и 78% и т.д. Такого же рода картина наблюдается и при рассмотрении соотношений производственных мощностей взаимосвязанных цехов. Так, на одном из металлургических комбинатов соотношение мощностей конвертерных, доменного цехов, коксохимического, агломерационного, кислородного' производств, известкового и копрового цехов для схемы с резервным конвертером имеет следующий вид (за единицу принята мощность конвертерных цехов):

- при нормативной продолжительности конвертерной плавки 1,00:0,77:1,19:0,77:0,92:0,81:0,67;

- при фактической продолжительности конвертерной плавки 1,00: 0,94: 1,42: 0,93 : 1,01 : 0,95 : 0,83.

При решении проектной организационной задачи обоснования структуры производственной системы совместно с вопросом расчета пропорций производственных мощностей должен решаться вопрос обоснования единичной мощности металлургических агрегатов. Стремление к максимально возможной с технической точки зрения единичной мощности не всегда оправдано. Действительно, с увеличением единичной мощности агрегата улучшаются его технико-экономические показатели: производительность, себестоимость, производительность труда, удельные капитальные вложения. Однако это лишь одна сторона вопроса. Есть еще и другая – организационная, в которой при проектировании не уделяется должного внимания. Суть в том, что чем крупнее агрегаты, тем сложнее обеспечить согласованную работу смежных разделов.

Так, при остановке на ремонт мощной доменной печи резко снижается (при жестком балансе чугуна) объем поставок чугуна в сталеплавильные цехи, что приводит к снижению загрузки оборудования этих цехов и уменьшению выпуска стали, а это в свою очередь сказывается на работе прокатных цехов. Таким образом, при выборе состава и единичной мощности агрегатов в каком-либо производстве необходимо учитывать не только улучшение показателей в данном производстве, но и, используя системный подход, оценивать экономические последствия по всей технологической цепочке.

В силу указанных выше причин неудовлетворительно решаются в настоящее время и многие другие проектные и эксплуатационные задачи организации производства, в первую очередь, следующие: обоснование численности ремонтного персонала; определение нормативной длительности производственного цикла; обоснование емкости буфер-

ных устройств и размеров запасов предметов труда; разработка рациональных графиков ремонтов оборудования; выявление узких мест в производственной системе и обоснование целесообразности их устранения; оценка ритмичности производства. В дальнейшем подходу к решению этих задач и методам их решения их будет уделено необходимое внимание.

Таким образом, можно констатировать, что, несмотря на высокую эффективность совершенствования организации производства (по некоторым оценкам, затраты на это окупаются в 7–8 раз быстрее, чем на новое строительство), в этой области имеются серьезные недостатки. Практическая деятельность, связанная с совершенствованием организации производства на действующих предприятиях, не упорядочена, отсутствует четкая направленность в решении задач организации производства, не устанавливается возможный перечень задач, подлежащих решению, они не соотносятся между собой по признаку их приоритетности.

Следствием слабо развитой теории и практики организации производства в черной металлургии является невысокий уровень использования производственных мощностей основных металлургических агрегатов. По официальной оценке, производственные мощности разных переделов во времена централизованного управления использовались на 93–97%. Много это или мало? Если судить по самой цифре, то, казалось бы, все в порядке, ибо ясно, что использование на 100% нереально. Можно, однако, утверждать, что эта оценка является завышенной, и вызвано это неясностями, а в ряде случаев и путаницей в методике расчета мощности, а также недостатками самих расчетов.

В официальных документах под производственной мощностью понимается максимально возможный годовой выпуск продукции или объем добычи или переработки сырья в номенклатуре и ассортименте, соответствующих фактическому выпуску (для отчетного года) или предусматриваемых планов (для планового периода), при полном использовании производственного оборудования и производственных площадей с учетом применения передовой технологии, улучшения организации производства и труда.

Но что значит передовой технологии? Зададимся вопросом: выгодно ли было предприятиям в условиях централизованной системы планирования в расчетах производственной мощности учитывать передовой мировой или хотя бы отечественный уровень техники и технологии? Ответ однозначный – конечно, предприятия в этом не были заин-

тересованы. Они не были заинтересованы отражать в отчетах даже лучшие показатели, достигнутые на данном предприятии. Но это и понятно, так как в этом случае предприятию устанавливался такой план, который оно не в силах выполнить, ибо реальный уровень не соответствует, как правило, передовому. Поэтому предприятия при расчетах производственных мощностей используют данные, достигнутые на данном предприятии, и не лучшие, а средние, хотя уровень техники и технологии на этом предприятии мог быть далек от передового.

Так, например, если рассчитать производственную мощность доменных цехов металлургических предприятий нашей страны, используя лучшие технологические параметры мировой и отечественной практики (содержание кислорода в дутье, давление газа под колошником, содержание железа в агломерате, температура дутья и др.), то оказывается, что производственная мощность их использовалась на уровне 60–70%, а по отчетным данным эта цифра составляла 97–99%.

Произвольно рассчитываются производственные мощности конвертерных цехов, чему в немалой мере способствует отраслевая инструкция по расчету производственной мощности, в которой, с одной стороны, говорится, что в расчетах должны приниматься все установленные в цехе конвертеры, с другой, – предусматривается резервное время конвертеров. Какую же величину резервного времени закладывать в расчет? На этот вопрос четкого ответа нет. По разным конвертерным цехам страны фактическая его величина находится в широком диапазоне – от 6 до 30% календарного времени. Таким образом, получается, что аналогичные цехи на разных предприятиях имеют разную производственную мощность.

Вообще надо сказать, что планирование резервного времени в конвертерных цехах ставит эти цехи в особое положение среди других цехов предприятия. Последние, как правило, не имеют необходимых резервов производственных мощностей, требуемых для освоения новых видов продукции, повышения надежности выполнения планов. Благодаря значительному резервному времени трудовые коллективы конвертерных цехов не имеют существенных стимулов к сокращению продолжительности плавки, повышению стойкости футеровки, сокращению простоев агрегатов. Ни один из конвертерных цехов не достиг к настоящему времени проектной продолжительности плавки (34–36 мин.), единицы вышли на уровень проектной стойкости футеровки (1000 плавов), успешно выполняя, тем не менее, планы по производству стали и, имея по отчету достаточно высокий уровень использования произ-

водственной мощности.

Какова же природа резервного времени? Оно возникло "на заре" развития кислородно-конвертерного производства, когда стойкость футеровки была низкой (200–250 плавов), а продолжительность смены футеровки – достаточно высокой. При таком положении дел один из установленных в цехе конвертеров постоянно находился на ремонте. Но указанные параметры постоянно улучшались: повышалось качество огнеупоров и соответственно росла стойкость футеровки, снижалось время проведения ремонтов. Это привело к возникновению временного интервала между окончанием ремонта одного конвертера и началом ремонта другого.

Подключать в работу отремонтированный конвертер на этот промежуток времени, который был не очень продолжительным при относительно низкой стойкости футеровки, было нецелесообразно, так как это потребовало бы дополнительного оборудования на всех вспомогательных участках конвертерного цеха, которое бы значительное время (во время ремонта одного из конвертеров) простаивало. Кроме того, это привело бы к существенной аритмии производственного процесса – к неравномерному потреблению чугуна, кислорода, лома и т.д. в конвертерном цехе, неравномерной поставке стали прокатному пределу со всеми вытекающими отсюда отрицательными последствиями.

Эти соображения вполне обоснованно привели к тому, что при проектировании цехов все расчеты, связанные с объемом производства (проектной мощностью), пропускной способностью вспомогательных участков, выполнялись из условия стабильного числа работающих конвертеров (двух при составе цеха из трех конвертеров, одного – из двух конвертеров). Но с течением времени стойкость футеровки росла и достигла в ряде конвертерных цехов 1000 и более плавов. Благодаря торкетированию ее можно еще более существенно повысить. Так, на ЗСМК в экспериментальном порядке достигли 2500 плавов, в США и Японии результаты еще лучше.

Одновременно совершенствовалась технология ремонтов конвертеров, и время на смену футеровки значительно сократилось. Все это привело к резкому увеличению резервного времени, которое в настоящее время в некоторых цехах доходит до 200 конвертерно-суток в год. Как показывают расчеты автора, при стойкости футеровки 900 плавов и более указанные выше отрицательные последствия от подключения в работу резервного конвертера перекрываются тем эффектом, ко-

торый может быть получен за счет роста объема производства и снижения себестоимости стали.

Однако методика проектирования конвертерных цехов и по сей день остается неизменной, что приводит к расточительству. Если рассчитать производственную мощность конвертерного цеха, используя проектные данные по продолжительности плавки, стойкости футеровки, продолжительности ремонтов, то фактический уровень ее использования по некоторым конвертерным цехам при одном резервном конвертере составит 80–85%, а при отсутствии резервного конвертера – 50–60%. Разумеется, резервы производственной мощности конвертерным цехам, так же как и другим цехам, необходимы, но они должны быть обоснованы.

Возвратимся, однако, к методике расчета производственной мощности. Думается, что право на жизнь должны иметь два вида производственной мощности (вместо одного, принятого у нас в настоящее время) – теоретическая и техническая.

Первая должна определяться по лучшим отечественным и зарубежным показателям, достигнутым на аналогичном оборудовании, по календарному времени и применяться для оценки потенциальных возможностей используемого оборудования; вторая – исходя из реальных условий данного предприятия с учетом лучших устойчивых показателей, достигнутых на данном предприятии.

Таким образом, теоретическая производственная мощность будет служить эталоном, с которым можно сравнивать технический уровень реальной производственной системы, а техническая производственная мощность будет использоваться для планирования производства. По уровню использования технической производственной мощности можно будет судить о реальных возможностях предприятия по наращиванию объемов производства, которые можно реализовать без существенных капитальных вложений.

Уровень же использования теоретической производственной мощности будет характеризовать перспективные возможности наращивания объемов производства, для реализации которых, как правило, требуются значительные капитальные вложения. Кроме того, анализ этого показателя позволит правильнее ориентироваться при распределении капитальных вложений для получения дополнительного аналогичного продукта – на новое строительство или на техническое перевооружение и реконструкцию действующих предприятий.

2 СИСТЕМА ПРИНЦИПОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

2.1 НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПРИНЦИПОВ

Целью функционирования любой производственной системы является выпуск определенного количества продукции необходимого качества в заданные сроки. Заданная производительность может быть обеспечена разными вариантами организации производственной системы, отличающимися количеством единиц оборудования в каждой фазе, его мощностью, емкостью буферных устройств и т.д. Однако среди множества вариантов всегда должен быть такой, который позволяет достигнуть необходимой производительности с минимальными единовременными и текущими затратами. Формированию такого варианта и должна способствовать система принципов организации производства.

Под системой принципов организации производства будем понимать их совокупность с учетом взаимосвязей и взаимовлияния между ними, создающую необходимые условия для наиболее эффективного функционирования производственной системы с целью достижения заданной производительности при соответствующем качестве продукции. Назначение системы принципов в том, что она, кроме четкого представления о характере взаимосвязей и взаимообусловленности отдельных принципов, должна уже на стадии проектирования производственных систем обеспечивать необходимые предпосылки для эффективного ее функционирования. Отсюда следует, что каждый принцип должен иметь формализованное описание с целью его количественного измерения.

Как показывает анализ литературы по организации производства в различных отраслях промышленности нашей страны, такая система принципов к настоящему времени еще не сформировалась. Как правило, различными авторами приводится разрозненный перечень принципов без обоснования механизма взаимодействия между ними, их целевой направленности. Нет также единого мнения относительно состава системы принципов и содержания каждого из них. Их число колеблется от 4 до 15. Большинство авторов называют 5–6 принципов: непрерывность, пропорциональность, ритмичность, специализация, параллельность, прямоточность.

Действительно, нельзя, например, автоматичность считать прин-

ципом организации производства, так как она отражает техническую сторону производственной системы. Ряд авторов выделяют в качестве основного принципа непрерывность, считая, что этот принцип отражает состояние всех сторон производственного процесса и вытекает из совместного действия ряда других принципов. Действительно, необходимый выпуск продукции с наименьшими затратами может быть осуществлен лишь в случае непрерывного протекания производственного процесса во всех его фазах. Однако здесь следует уточнить, что же понимать под непрерывностью.

В литературе по организации производства непрерывность трактуется по-разному. Наиболее распространена точка зрения, согласно которой понятие непрерывности распространяется лишь на предметы труда, и непрерывность производственного процесса обеспечивается устранением или сведением к минимуму перерывов в изготовлении каждой единицы продукции. Непрерывность производственного процесса предлагается оценивать коэффициентом непрерывности, определяемым отношением суммарной продолжительности технологических операций к общей продолжительности производственного процесса. Сторонники другой точки зрения распространяют понятие непрерывности не только на предметы, но и на средства труда, понимая под непрерывностью безостановочное или с минимальными перерывами движение предметов труда при полной загрузке средств труда. При этом движение предметов труда предлагается характеризовать коэффициентом непрерывности движения предметов труда, а использование средств труда – коэффициентом загрузки оборудования.

Можно согласиться со вторым подходом к пониманию непрерывности в том, что она должна учитывать наряду с движением предметов труда использование средств труда, ибо перерывы в использовании последних, как правило, обходятся для производства значительно дороже, чем перерывы в движении предметов труда. Если обратиться к графику, приведенному на рисунке 2, то видно, что непрерывное движение каждого предмета труда по всем ступеням производственной системы не исключает простоев средств труда, которые будут характеризоваться интервалами τ_{ni} (где i – номер ступени, τ_{oi} – продолжительность операции на i -й ступени, R – ритм процесса.)

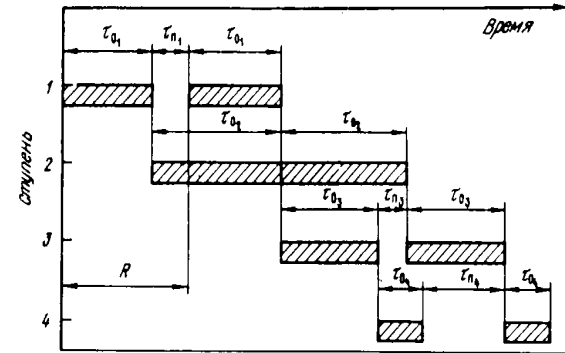


Рисунок 2 – График производственного процесса при непрерывном движении предметов труда

Но исходя из такого понимания непрерывности производственного процесса следовало бы признать возможным одновременное достижение указными выше коэффициентами своего максимального значения (единицы), что может иметь место только в случае, когда продолжительность операций на всех ступенях одинаковы и равны ритму процесса.

График такого процесса представлен на рисунке 3.

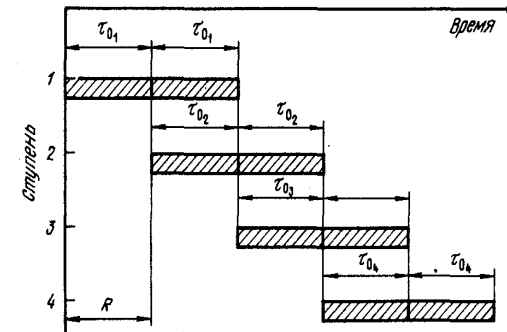


Рисунок 3 – График непрерывного производственного процесса
 $(\tau_{oi} = R = const; \tau_{ni} = 0)$

Такой производственный процесс можно считать идеальным, и к этому идеалу в наибольшей мере приближаются автоматизированные и роботизированные комплексы, где исключается ручной труд и продолжительность каждой операции является строго стабильной величиной. Однако в реальных условиях, особенно в черной металлургии продолжительность операций, в силу указанных ранее причин, является случайной величиной, что приводит как к простоям средств труда, так и к задержкам в движении предметов труда.

Даже в машиностроении на поточных линиях с регламентированным режимом работы для ручных работ отношение максимальной величины времени, затрачиваемого на единицу продукции, к минимальной достигает 1,5–2. Фрагмент такого производственного процесса показан на рисунке 4.

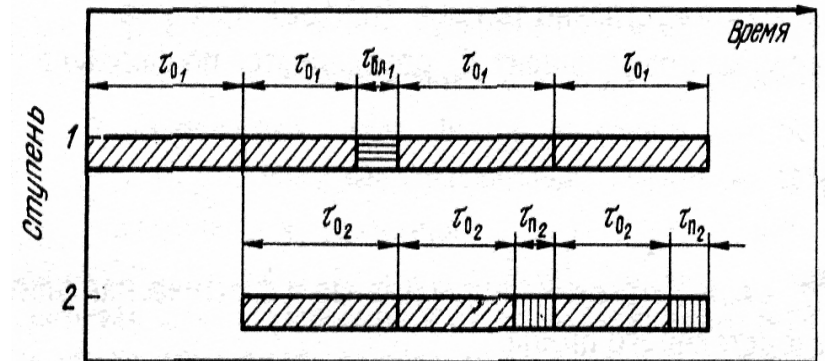


Рисунок 4 – График протекания производственного процесса в двухфазной системе с жесткой связью

Пусть в этой системе средние продолжительности операций на ступенях будут равны друг другу, т.е. $\bar{\tau}_{o1} = \bar{\tau}_{o2} = const$. Но из-за влияния различных случайных факторов продолжительность операции на каждой стадии по каждому предмету труда будет случайной величиной (большей, равной или меньшей, чем $\bar{\tau}_{oi}$). При отсутствии в системе буферного устройства между ступенями возникают блокировки первой ступени (τ_{o1}) и простои второй ступени (τ_{n2}). Причиной первых является невозможность передачи обработанного на первой ступени предмета труда на вторую ступень из-за занятости ее обработкой предыду-

щего предмета труда; причиной вторых, как видно из графика, несвоевременное поступление предмета труда с первой ступени.

При наличии буферного устройства между ступенями время блокировки трансформируется во время задержки в нем предмета труда, т.е. возникает перерыв в его движении.

На основании закономерности для систем с вероятностным характером производства, представленной на рисунке 2, можно сделать вывод о разнонаправленности (обратной зависимости) коэффициентов непрерывности движения предметов труда и загрузки оборудования, т.е. увеличение первого из них приведет к снижению второго, и наоборот. Так, увеличение коэффициента загрузки средств труда может осуществляться за счет роста очереди предметов труда, а следовательно, и времени ожидания в очереди, что в свою очередь приведет к увеличению длительности производственного цикла и снижению коэффициента непрерывности движения предметов труда.

Таким образом, нельзя судить о непрерывности производственного процесса по какому-либо одному из показателей, будь то коэффициент непрерывности движения предметов труда или коэффициент загрузки оборудования, так как каждый из них отражает эффективность функционирования не системы в целом, а одного из элементов (предметов труда или средств труда). Здесь надо отметить, что третий элемент производственного процесса – рабочая сила, и в значительной мере степень ее использования проявляется опосредованно через коэффициент загрузки оборудования.

Нельзя также судить о непрерывности производственного процесса, используя для этой цели оба этих показателя, так как они взаимосвязаны и невозможно одновременно их максимизировать. Хотя надо сказать, что каждый из этих показателей важен сам по себе и необходим для анализа результативности производственного процесса, выявления резервов повышения уровня организации производства.

Подходя к производственному процессу с позиций системного подхода и учитывая при этом взаимосвязи и взаимовлияние между материальными элементами, следует сделать вывод о неизбежности как задержек в движении предметов труда из-за образования их очередей, так и простоев оборудования.

Оценку непрерывности производственного процесса необходимо осуществлять с помощью показателя, учитывающего как степень непрерывности движения предметов труда, так и уровень использования средств труда (и соответственно рабочей силы). Показатель, исполь-

зубый для этого, назовем коэффициентом непрерывности производственного процесса. Возможны два способа его расчета: посредством соотнесения нормативной и фактической длительности производственного цикла и соответственно ритмов (тактов) процесса.

В первом случае коэффициент K_n определяется по формуле

$$K_n = T_{\text{ц}}^H / T_{\text{ц}}^Ф, \quad (4)$$

где $T_{\text{ц}}^H$ и $T_{\text{ц}}^Ф$, – соответственно нормативная и фактическая длительность производственного цикла.

Для действующих производственных систем $0 < K_n \leq 1$, для проектируемых он должен быть равен единице.

Определение нормативной (оптимальной) длительности производственного цикла является сложной и в настоящий время до конца не решенной задачей. В ее основе лежит обоснование оптимальной величины задержек (межоперационных перерывов) в движении предметов труда, являющихся составной частью $T_{\text{ц}}^H$. С этой целью должна быть найдена функция такого вида:

$$G = \min \{ \sum G_{i.c.t.} + \sum G_{i.m.} \}, \quad (5)$$

где G – суммарные издержки в системе от недоиспользования средств труда и задержек в движении предметов труда, руб.;

$G_{i.c.t.}$ – потери от недоиспользования средств труда в i -й фазе системы, руб.;

$G_{i.m.}$ – потери от задержек в движении предметов труда (создания очередей) перед i -й фазой, руб.;

n – число фаз.

Пример. Рассмотрим подсистему металлургического завода, включающую отделение разведения слитков (ОРС), отделение нагревательных колодцев (ОНК) и обжимной стан (ОС). Перед ОРС, а также между ОРС и ОНК возможно создание ограниченной очереди составов со слитками, между ОНК и ОС очередь слитков недопустима. Длительность производственного цикла для потока горячего металла в данной подсистеме в расчете на один состав определяется по формуле

$$T_{\text{ц}} = \tau_1 + \tau_{\text{ож1}} + \tau_{\text{о1}} + \tau_{\text{т2}} + \tau_{\text{ож2}} + \tau_{\text{о2}} + \tau_{\text{бл}} + \tau_{\text{т3}} + \tau_{\text{о3}}, \quad (6)$$

где $\tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$ – соответственно время транспортировки состава со слитками от парка кристаллизации до ОРС, от ОРС до ОНК и подачи слитка от колодца на ОС;
 $\tau_{ож1}, \tau_{ож2}$ – соответственно время ожидания состава в очереди в ОРС и ОНК;
 $\tau_{о1}, \tau_{о2}, \tau_{о3}$ – соответственно время обработки одного состава в ОРС, ОНК, и на ОС;
 $\tau_{бл}$ – время блокировки (пересиживания) слитков в ОНК.

Величины $\tau_{ож1}, \tau_{ож2}, \tau_{о1}, \tau_{о2}, \tau_{о3}$ являются переменными. Значения $\tau_{ож1}, \tau_{ож2}$ определяются соответственно числом кранов в ОРС и количеством нагревательных ячеек в ОНК, $\tau_{о1}$ – число кранов одновременно обрабатывающих один состав, а $\tau_{о2}$ – температурой посады слитков, которая в свою очередь, является функцией $\tau_{ож1}$ и $\tau_{ож2}$. Остальные составляющие выражения (6) постоянные. Значение $\tau_{о3}$ определяется из уравнения $\tau_{о3} = \pi \cdot r$ (где τ – ритм прокатки одного слитка на ОС; r – число слитков в составе). Значение $\tau_{бл}$ зависит от коэффициента загрузки стана и определяется путем моделирования работы ОНК и ОС. Расчет всех указанных величин производится с помощью моделей массового обслуживания.

Примем годовой объем производства сталеплавильных цехов и блюминга 6 млн. т. Плавка, масса которой 130 т, разливается на 12 слитков и транспортируется одним составом. Емкость одной ячейки в ОНК составляет 12 слитков, $\tau = 40$ с., $\tau_{T1} = \tau_{T2} = 10$ мин., $\tau_{T3} = 1$ мин. Производительность одного крана в ОРС (с учетом нециклических операций) равна двум составам в час. Время нагрева металла в ОНК определяется в зависимости от температуры посады слитков в колодцы.

Рассмотрим варианты работы ОРС и ОНК, различающиеся числом кранов в ОРС (n_1) и нагревательных ячеек в ОНК (n_2). Для каждого варианта рассчитываются коэффициенты загрузки ОРС (K_{31}) и ОНК (K_{32}); длина очереди перед ОРС ($M_{ож1}$) и ОНК ($M_{ож2}$); время ожидания состава в очереди перед ОРС и ОНК по формуле $\tau_{ож} = \lambda / M_{ож}$ (где λ – интенсивность потока металла, плавов/ч); время обработки в ОРС и нагрева в ОНК; температура металла на выходе из ОРС (t_1 , °С) и при посаде в ОНК (t_2 , °С); суммарные издержки в ОРС и ОНК (G) по фор-

муле (2); длительность производственного цикла в подсистеме ($T_{Ц}$).

Расчеты показали, что время блокировки $\tau_{БЛ}$ равно 0,52 ч, и оно принимается одинаковым для всех вариантов, так как интенсивность потока металла остается неизменной.

Результаты расчетов для некоторых вариантов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики работы подсистемы

Вариант	n	K_3	Мож	$\tau_{О}, Ч$	$\tau_{ОЖ}, Ч$	$t, ^\circ C$	G, руб./ч	$T_{ц}, Ч$
I	3/60	0,88/0,91	5,00/9,20	0,45/8,0	0,95/1,67	780/700	2795	10,32
II	4/48	0,66/0,85	0,37/4,30	0,30/6,20	0,07/0,78	880/855	2047	7,93
III	5/48	0,53/0,82	0,05/3,70	0,20/6,10	0,01/0,67	890/870	2017	7,42
IV	6/48	0,44/0,81	0,006/3,40	0,15/6,05	0,001/0,62	895/875	2020	7,32
V	7/48	0,38/0,80	0,00/3,20	0,12/6,0	0,00/0,58	900/880	2029	7,23

Как видно из приведенных данных, стремление к значительной загрузке оборудования приводит к увеличению времени ожидания в очереди перед участками и к снижению температуры металла (вариант 1). В конечном счете это влечет за собой увеличение суммарных издержек и продолжительности цикла. С другой стороны, стремление свести к минимуму издержки в движении предметов труда (за счет увеличения кранов в ОРС), уменьшив за счет этого длительность производственного цикла, приводит к снижению загрузки оборудования и, как следствие, к росту суммарных издержек из-за увеличения потерь от простоя оборудования (вариант 4). За нормативную длительность цикла для данной подсистемы следует принять время, равное 7,42 ч, соответствующее варианту с минимальными издержками (вариант 3), что обеспечивается установкой в ОРС пяти кранов и двенадцати групп нагревательных колодцев (в группе по четыре ячейки) в ОНК.

Таким образом, данный пример дает возможность убедиться в том, что минимальная длительность производственного цикла не обязательно является оптимальной.

Указанный способ расчета коэффициента непрерывности производственного процесса целесообразно использовать, когда время основных технологических операций, определяющих выпуск готовой продукции, составляет в общей длительности производственного цикла значительную долю (не менее 50–60 %). В противном случае этот коэффициент не будет объективно отражать состояние производственного процесса. Так, например, длительность цикла получения готового

проката в прокатных цехах составляет порядка 2–3 ч, а ритм прокатки, определяющий производительность стана, равен нескольким десяткам секунд. Увеличение ритма прокатки на значительную величину приведет к резкому снижению производительности стана, но практически не скажется на величине коэффициента непрерывности.

Пусть фактическая длительность цикла на одноклетьевом стане составляет 140 мин, что соответствует коэффициенту непрерывности 0,97. Ритм прокатки при этом составляет 30 с. При увеличении ритма прокатки вдвое производительность стана уменьшится также в два раза, а длительность цикла составит 140,5 мин. Коэффициент непрерывности при этом будет равен 0,967 ($0,97 \cdot 140/140,5$) и изменится лишь на 0,3%.

В подобных случаях непрерывность производственного процесса целесообразно рассчитывать через ритмы процесса по формуле

$$K_H = \tau^H / \tau^\phi, \quad (7)$$

где τ^H, τ^ϕ , – соответственно нормативный и фактический ритм производственного процесса.

Действительно, ритм процесса аккумулирует в себе, особенно в системах с жесткой связью между фазами, все задержки в движении предметов труда и простой оборудования, возникающие по организационным причинам. Он напрямую связан с производительностью производственной системы и объективно отражает состояние производственного процесса. Кроме того, использование ритма вместо длительности производственного цикла значительно упрощает расчеты его фактического значения.

В формуле (7) нормативный ритм определяется с учетом реальных возможностей системы, отражающих состояние оборудования, соотношение мощностей взаимосвязанных фаз системы, организацию ремонтов оборудования и др. Он определяется путем математического моделирования производственного процесса и по абсолютной величине меньше ритма, используемого для определения коэффициента использования оборудования.

Методика расчета τ^H включает следующие этапы:

1. Определение нормативного ритма процесса для j-го вида продукции:

$$\tau_j^H = T / d_j, \quad (8)$$

где T – период моделирования (час, смена, сутки и т.д.);
 d_j – число единиц продукции j -го вида, полученной за период моделирования (плавков, заготовок и т.д.).

2. Определение нормативного ритма процесса:

$$\tau^H = \sum_{j=1}^L a_j * \tau_j^H, \quad (9)$$

где a_j , – доля j -го вида продукции в общем объеме производства;
 L – количество видов продукции.

Если при моделировании не учитываются ремонты и текущие простои, то полученное значение τ_j^H необходимо скорректировать путем деления его на коэффициент использования календарного времени K_K , который определяется по формуле

$$K_K = T_p^\Phi / T, \quad (10)$$

где T_p^Φ – расчетное фактическое время работы системы за время T .

В свою очередь

$$T_p^\Phi = T - (T_p + T_{т.п.}), \quad (11)$$

где T_p и $T_{т.п.}$ – соответственно нормативная продолжительность ремонтов и текущих простоев за время T .

Для определения фактического ритма процесса может быть использована формула

$$\tau^\Phi = (T_o^\Phi / V^\Phi) * g, \quad (12)$$

где T_o^Φ – фактическое время работы системы по отчету за время T ;

g – средняя масса единицы продукции;

V^Φ – фактический объем производства за время T .

Удобнее рассчитывать коэффициент непрерывности, подставив в формулу (12) вместо значений ритмов значения объемов производства – нормативного V^H и фактического V^Φ . Формула в результате этого примет вид

мет вид

$$K_n = V^\phi / V^n, \quad (13)$$

Нормативный объем производства определится по формуле

$$V^H = (T_p^\phi / \tau^H) g, \quad (14)$$

2.2 ПРИНЦИП ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТИ

Среди внутривыпускных пропорций можно выделить следующие их разновидности: пропорции между основным и вспомогательным оборудованием в разрезе подразделений предприятия; пропорции между основными производствами (цехами, агрегатами); пропорции между основными производствами и вспомогательными службами.

Пропорции первого вида при заданном объеме производства позволяют определить необходимый состав и мощность основного и вспомогательного оборудования, удовлетворяющие требованиям выбранного критерия оптимальности. Задача определения необходимых пропорций первого вида как на стадии проектирования, так и применительно к условиям действующего предприятия должна решаться совместно с задачей определения пропорций второго вида (т.е. пропорций между основными производствами). Это вызвано тем, что некоторое вспомогательное и обслуживающее оборудование работает на стыке двух основных производств и оказывает влияние на результаты работы обоих производств (например, чугуновозные ковши доменного цеха, сталеразливочные составы сталеплавильного цеха, локомотивы и др.).

Внутривыпускные пропорции третьего вида (т.е. пропорции между основными производствами и вспомогательными производствами и службами) во многом определяются уровнем специализации и кооперирования в разрезе отрасли. Так, к примеру, мощности ремонтных служб на металлургическом предприятии в значительной мере зависят от мощности специализированных ремонтных организаций. То же самое относится и к мощностям по изготовлению запасных частей, сменного оборудования.

Целью функционирования любой производственной системы является выпуск заданного количества определенной продукции определенного качества. Эта цель может быть достигнута различными вариан-

тами организации системы с разными пропорциями производственных мощностей взаимосвязанных фаз системы. Так, например, в трехфазной системе заданный объем производства может быть обеспечен следующими пропорциями мощностей фаз (за единицу принят объем производства): 1,05:1,05:1,15; 1,05:1,10; 1,05; 1,10:1,05:1,10. В связи с тем что стоимость единицы мощности разных фаз, как правило, различна, из возможных вариантов следует выбрать тот, который обеспечивает достижение заданной цели с минимальными текущими и единовременными затратами, т.е. вариант с оптимальными пропорциями.

Наличие оптимальных пропорций в каждом производственном подразделении и на предприятии в целом создает необходимые предпосылки для наиболее эффективного использования основных фондов, для получения продукции, производимой данным предприятием, в заданном объеме и нужного качества с минимальными затратами живого и овеществленного труда и максимизации прибыли предприятия.

Определение необходимых внутрипроизводственных пропорций требует уточнения некоторых формулировок и разработки формализованных методов. Это относится, в частности, к формулировке пропорциональности, ее количественной оценке и классификации факторов, определяющих пропорциональность.

В теории организации производства наибольшее распространение получили две точки зрения на пропорциональность: равенство производственных мощностей (пропускных способностей) взаимосвязанных фаз производственной системы и определенное их соотношение.

Первая точка зрения несостоятельна по следующим причинам:

- оборудование на разных ступенях имеет, как правило, различную единичную мощность и разный фонд времени работы из-за неодинаковой продолжительности ремонтов и межремонтных периодов, вследствие чего производительность ступеней в короткие промежутки времени (час, смену, сутки) будет различаться, и для обеспечения их согласованной работы необходимо создавать буферные устройства для хранения предметов труда. В тех случаях, когда их создание невозможно по условиям технологии, создаются предпосылки к простоям оборудования;

- нормативные коэффициенты использования производственных мощностей разных ступеней могут по объективным причинам отличаться, что приведет к различию в плановых производительностях этих ступеней;

- расходные коэффициенты предметов труда, передаваемых со

ступени на ступень, могут отличаться от единицы в ту или иную сторону, что также объективно нарушает согласованность работы ступеней при равенстве их производственных мощностей;

- вероятностный характер производственных процессов, проявляющийся, в частности, в случайных затратах времени на обработку предметов труда, времени их движения, также приводит к нарушению согласованной работы ступеней и, как следствие, к уменьшению загрузки оборудования и увеличению длительности производственного цикла.

Следовательно, в производственной системе невозможна полная и равномерная загрузка всего оборудования на длительном отрезке времени.

Тогда, в первом приближении, под пропорциональностью следует понимать некоторое соотношение производственных мощностей взаимосвязанных ступеней производственной системы, обеспечивающее выполнение последней своих функций. Однако здесь необходимо уточнить некоторые моменты: что понимать под производственной мощностью? Какова количественная мера соотношения и как ее рассчитывать?

Выше уже отмечалось, что необходимо использовать два вида производственной мощности – теоретическую и техническую. Для оценки пропорциональности следует применять техническую мощность, рассчитываемую исходя из реальных условий данного предприятия с учетом лучших показателей, достигнутых на этом предприятии.

Для измерения соотношения мощностей взаимосвязанных ступеней производственной системы следует использовать коэффициенты пропорциональности. Для i -й ступени коэффициент пропорциональности K_{pi} рассчитывается по формуле

$$K_{pi} = M_i / (VK_i^{K.з.}), \quad (15)$$

где M_i – производственная мощность i -й ступени;

V – заданный объем производства системы (или мощность ведущего звена);

$K^{к.з.}$ – коэффициент комплексных затрат i -й ступени, показывающий затраты продукции i -й ступени на единицу готовой продукции, выпускаемой производственной системой. Этот коэффициент определяется по формуле:

$$K_i^{K.3.} = \prod_{s=i}^n K_s^{П.3.}, \quad (16)$$

где $K_s^{П.3.}$ – коэффициент прямых затрат s -й фазы, показывающий затраты продукции этой фазы на единицу продукции следующей фазы;
 n – число фаз в системе.

Таким образом, соотношение мощностей можно представить в виде коэффициентов пропорциональности:

$$K_{П1} : K_{П2} : K_{П3} : \dots : K_{Пn}, \quad (17)$$

Пусть, например, мощность доменного цеха равна 6 млн. т чугуна, сталеплавильных цехов – 8,4 млн. т стали, обжимного – 5,4 млн. т по годовому, передельных станов – 4,6 млн. т готового проката. Коэффициенты прямых затрат, т/т: чугуна на производство стали 0,845; стали на производство заготовки 1,17; заготовки на производство готового проката 1,025 .

Определим коэффициенты комплексных затрат

для доменного цеха $K_1^{K.3.} = 0,845 \cdot 1,17 \cdot 1,025 = 1,013$;

для сталеплавильных цехов $K_2^{K.3.} = 1,17 \cdot 1,025 = 1,2$;

для обжимного цеха $K_3^{K.3.} = 1,025$.

Приняв за единицу мощность прокатных цехов, рассчитаем значения коэффициентов пропорциональности:

$$6,0/(4,6 \cdot 1,013) : 8,4/(4,6 \cdot 1,2) : 5,4/(4,6 \cdot 1,025) : 1 = \\ = 1,288 : 1,522 : 1,145 : 1,0.$$

По этим коэффициентам можно сделать вывод о наличии существенных диспропорций на данном предприятии: чрезмерные мощности сталеплавильного производства, не обеспеченные жидким чугуном.

Используя эти коэффициенты, можно рассчитать соотношение мощностей отдельных "пар" производств. Например, соотношение мощностей доменного и сталеплавильного производств предстанет в виде следующих коэффициентов: $(1,288/1,522) : 1 = 0,83 : 1$, т.е. мощность доменного цеха занижена как минимум на 17%.

Кроме соотношения производственных мощностей, необходимо уметь измерять уровень пропорциональности системы. Такую оценку необходимо осуществлять в первую очередь на стадии проектирования

производственных систем. Кроме того, она дает возможность анализировать фактические пропорции на действующих предприятиях, определять меру их отклонения от проектных и активно воздействовать на них. С этой целью может быть использован показатель, определяемый по формуле

$$K_{y.п.} = 1 - \frac{\sum_i |(K_{пi}^o - K_{пi}^ф)| a_i K_{пi}^o}{n}, \quad (18)$$

$$a_i = \begin{cases} 1, & \text{если } K_{пi}^ф \leq K_{пi}^o \\ K_{пi}^o, & \text{если } K_{пi}^ф \geq K_{пi}^o \end{cases}$$

где $K_{y.п.}$ – коэффициент, характеризующий уровень пропорциональности в производственной системе;

$K_{пi}^o$ и $K_{пi}^ф$ – соответственно расчетный (оптимальный) и фактический коэффициенты пропорциональности i -й фазы;

a_i – поправочный коэффициент;

n – число фаз.

Для обоснования оптимальных значений коэффициентов пропорциональности необходимо учитывать большое количество факторов, которые можно разделить на внешние и внутренние. К внешним относятся внутри- и межотраслевые связи по поставкам полуфабрикатов (чугуна, стальных слитков, заготовок для переката). Внутренние факторы определяют необходимую пропорциональность, исходя из условий полного удовлетворения потребностей собственными полуфабрикатами. Среди них можно выделить структурные (структура производственной программы и производственной системы), временные (надежность и ремонтные характеристики оборудования, степень флуктуации временных параметров, динамизм мощностей) и стоимостные факторы (соотношение стоимостей основных фондов ступеней системы, затраты на создание и содержание буферных устройств для хранения предметов труда и затраты на содержание ремонтного персонала и техники).

О таких факторах как динамизм мощностей, вероятностный характер производства, ранее уже говорилось. О структурных факторах речь пойдет в дальнейшем. Здесь же коротко остановимся на стоимостных факторах.

Необходимость учета соотношения стоимостей основных фон-

дов ступеней производственной системы вызвана тем, что конечная цель ее функционирования может быть обеспечена различными вариантами организации системы, отличающимися величиной производственных мощностей ступеней. Различие стоимости единицы мощности ступеней вызывает необходимость решения оптимизационной задачи, т.е. выбора оптимальных пропорций. Так, например, в двухфазной системе с жесткой связью:

Соотношение стоимостей единицы мощности фаз	1:1	4:1	1:4
Необходимое соотношение мощности	1,2:1,15	1,05:1,2	1,25:1,05

Ослабление жесткости связи, т.е. создание буферных устройств, изменяет необходимое соотношение производственных мощностей в связи с тем, что фазы в значительной мере работают независимо друг от друга. В целом это приводит к уменьшению необходимых мощностей фаз. Так, например, в двухфазной системе создание перед второй фазой буферного устройства в расчете всего лишь на один предмет труда позволяет снизить необходимую мощность второй фазы на 11–18% (в зависимости от коэффициента вариации времени обслуживания и соотношения стоимостей единицы мощности фаз). Однако снижение затрат из-за уменьшения мощности оборудования необходимо соизмерять с затратами на создание буферных устройств и хранение в них предметов труда. Таким образом, задачи обоснования необходимой мощности оборудования и емкости буферных устройств между этим оборудованием неотделимы друг от друга и их следует решать совместно.

С этими задачами неразрывно связана и задача выбора рационального графика ремонта оборудования. Рассмотрим, к примеру, опять же двухфазную систему с гибкой связью с двумя каналами обслуживания в каждой фазе. Примем равными продолжительности ремонтов и межремонтных периодов всех каналов и осуществим сравнение двух вариантов графиков ремонтов, приведенных на рисунке 5 (здесь римскими цифрами указаны номера фаз, арабскими – каналов обслуживания, жирными линиями – ремонты).

В первом случае (а) ремонты каналов обслуживания выполняются последовательно, т.е. в каждый момент времени ремонтируется лишь один канал, при этом в первую очередь ремонтируется канал во второй фазе, а затем в первой и т.д., что позволяет создать необходимый запас предметов труда в буфере между фазами, обеспечивающий загрузку второй фазы во время ремонта канала в первой фазе.

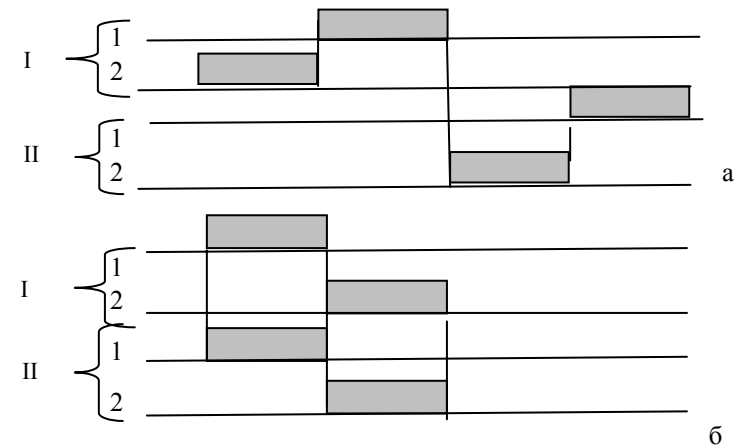


Рисунок 5 – Графики ремонтов

В первом случае (а) ремонты каналов обслуживания выполняются последовательно, т.е. в каждый момент времени ремонтируется лишь один канал, при этом в первую очередь ремонтируется канал во второй фазе, а затем в первой и т.д., что позволяет создать необходимый запас предметов труда в буфере между фазами, обеспечивающий загрузку второй фазы во время ремонта канала в первой фазе.

Во втором случае (б) ремонты осуществляются параллельно, т.е. одновременно ремонтируются по одному каналу в обеих фазах. В принципе, в обоих случаях между ремонтами отдельных каналов может быть разрыв во времени (на графике показано непрерывное проведение ремонтов).

Результаты моделирования системы говорят о том, что пропорции производственных мощностей фаз системы, обеспечивающие выполнение заданного объема производства, примерно одинаковы для разных графиков ремонта. Однако наблюдается значительная разница в необходимой емкости буферного устройства. В первом случае его емкость определяется произведением производительности канала второй фазы и времени его ремонта. Средняя величина запаса в буфере составляет около 30% его емкости.

Однако, во втором случае мощность ремонтной службы необходимо увеличить вдвое по сравнению с первым случаем. Выбор целесообразного графика ремонтов должен осуществляться на основе сопос-

тавления затрат на создание буферного устройства и необходимой мощности ремонтной службы. Несомненно, что эти вопросы следует решать на стадии проектирования производственных систем.

Таким образом, с учетом вышеизложенного *под пропорциональностью следует понимать научно обоснованное соотношение производственных мощностей взаимосвязанных фаз производственной системы, определяемое с учетом создания целесообразной величины межоперационных заделов и разработки рационального графика ремонтов оборудования в системе.*

2.3 ПРИНЦИП РИТМИЧНОСТИ

Под ритмичностью в общем случае понимается систематическое повторение через определенные промежутки времени, называемые ритмом или тактом процесса, производственного процесса на всех его ступенях, в результате чего в данное время достигается данный результат. Этот результат (т.е. производительность) частичного процесса на i -й ступени определится по формуле

$$P_i = (T_i^\phi K_{zi} m_i / \tau_{mi}) q_i, \quad (19)$$

- где P_i – производительность частичного процесса на i -й ступени;
 T_i^ϕ – фактическое время работы i -й ступени;
 K_{zi} – оптимальный коэффициент загрузки оборудования на i -й ступени;
 m_i – число каналов обслуживания на i -й ступени;
 τ_{mi} – время технологических операций на i -й ступени на обработку одного предмета труда;
 q_i – масса продукции, производимой i -й ступенью за один цикл.

Применительно к ритмичности существуют понятия "ритмичность производства", "ритмичность работы", "ритмичность выпуска продукции". Некоторые ученые отождествляют их, другие же считают, что «ритмичность производства» соединяет в себе два понятия – «ритмичность работы» и «ритмичность выпуска продукции».

Под ритмичной работой следует понимать чередование в определенном ритме каждой операции (технологической, транспортной, контрольной) на каждом рабочем месте, на каждой единице оборудова-

ния; под ритмичным выпуском продукции – выпуск предприятием или его подразделением в равные промежутки времени определенного количества готовой продукции.

Сторонники этой точки зрения полагают, что в ряде случаев ритмичность выпуска готовой продукции может быть достигнута не на основе ритмичной работы всех производственных звеньев предприятия, а за счет завышения заделов незавершенного производства, т.е. ухудшения одного из важнейших показателей эффективности производства – использования оборотных средств. Думается, с таким подходом следует согласиться.

Довольно широкое распространение имеет формулировка ритмичности как выпуска равного количества продукции за равные промежутки времени, но она пригодна лишь для однопродуктовых производственных систем. В многопродуктовых же системах, где выпускаются различные виды продукции (марки сталей в сталеплавильных цехах, профилазмеры проката), одно и то же оборудование при производстве разных видов продукции имеет различную производительность, а следовательно, оно объективно не способно производить равные количества продукции за одинаковые промежутки времени. Некоторые авторы, стараясь учесть разный сортамент продукции, справедливо говорят не о физическом, а об условном объеме производства.

Но здесь следует учитывать еще один момент: промежутки времени, равные календарно (сутки, неделя, декада и т.д.), вследствие ремонтов оборудования могут иметь разное фактическое время работы. Следовательно, и объем продукции, производимой в равные календарные промежутки времени, объективно может быть разным.

Более приемлемой является следующая формулировка ритмичности: *это точное соблюдение предусмотренных планом характеристик процесса в каждый отрезок времени, на который они установлены*. Другими словами, ритмичность – это соблюдение плана (графика) производства по количеству, качеству и срокам выпуска продукции, и это понятие распространяется как на ритмичность работы, так и на ритмичность выпуска готовой продукции. Эта формулировка не противоречит общей формулировке ритмичности, данной в самом начале этого подраздела. Более того, она ее уточняет в плане учета своевременного выполнения заказов.

Для обеспечения ритмичности производства необходимо уметь количественно оценивать ее уровень. С этой целью используются раз-

личные способы. Наибольшее распространение в практике работы промышленных предприятий получил способ, основанный на сопоставлении данных о выпуске продукции за каждую декаду (неделю) месяца с планом на месяц (или на декаду, неделю) или с фактическим выпуском продукции за месяц. Однако расчет ритмичности за такой длительный период времени нивелирует неритмичную работу за короткие промежутки времени (час, смену, сутки) и нередко создает видимость благополучия. В этой связи целесообразно рассчитывать коэффициент ритмичности за более короткие промежутки времени.

Рассмотрим подробнее состояние дел по оценке ритмичности в одном из основных металлургических производств –сталеплавильном.

Единая, общепринятая методика оценки ритмичности сталеплавильного производства отсутствует. Набор методик, используемых на разных металлургических предприятиях, достаточно обширен. Можно выделить два подхода, лежащих в основе этих методик:

- равномерность выпуска плавов в сталеплавильных цехах;
- равномерность поступления составов со слитками в отделение нагревательных колодцев обжимного цеха.

Сторонники первого подхода исходят из необходимости равномерной загрузки сталеплавильных агрегатов и вспомогательного оборудования сталеплавильных цехов. В одной из таких методик, рекомендованной ВНИИОчерметом к использованию в сталеплавильных цехах, для оценки ритмичности предлагается интегральный показатель вида

$$K_p = K_1 K_2; \quad (20)$$

$$K_1 = 1 - \sigma_x / t_x, \quad (21)$$

$$K_2 = 1 - \sum_i (X_{in} - X_{i\phi}) / \sum_i X_{in}, \quad (22)$$

где K_p , K_1 , K_2 – коэффициенты соответственно ритмичности, равномерности выпуска плавки, выполнения заказов;

σ_x – среднеквадратичное отклонение выпуска плавов от плановых во времени;

t_x – плановый интервал времени между выпусками плавов;

X_{in} , $X_{i\phi}$ – количество плавов i -й марки стали по плану и факту соответственно.

Сторонники второго подхода, справедливо отмечая, что равно-

мерность выпуска плавков в сталеплавильном цехе еще не гарантирует равномерности их поступления в обжимной цех из-за различных нормативов времени обработки и движения составов с различными марками стали (время разливки, кристаллизации, обработки в отделении разведения слитков), предлагают для оценки ритмичности использовать такие показатели как дисперсию или коэффициент вариации фактических интервалов между моментами поступления составов с горячим металлом в отделение нагревательных колодцев.

Как видно, каждый из этих подходов отражает интересы разных цехов: первый – сталеплавильного, второй – обжимного, но ни тот, ни другой не обеспечивают системного подхода. Заботясь «об интересах сталеплавильного производства» (первый подход), можно составить такой график выпусков плавков, выполнение которого приведет к существенно неравномерному поступлению составов в обжимной цех, а следовательно, к большим очередям составов с металлом в отдельные промежутки времени, что вызовет снижение температуры металла на входе в нагревательные колодцы, к увеличению расхода топлива, угара металла и снижению производительности колодцев. Отсутствие же составов вызовет простои колодцев и стана. Исходя из интересов обжимного цеха (второй подход), может быть построен такой график выпуска плавков, который не обеспечивается фактическими возможностями сталеплавильного производства. Поэтому необходимо строить такой график совместной работы сталеплавильного и обжимного цехов, который учитывал бы интересы и того, и другого цеха и обеспечивал бы минимальные издержки в этой системе.

Ритмичность производства в сталеплавильных цехах следует оценивать по степени выполнения графика совместной работы сталеплавильного и обжимного цехов, представленного в виде расписания поступления составов со слитками в обжимной цех с указанием объема (т.е. массы плавки), марки стали и времени поступления, составленного, как уже отмечалось выше, с учетом интересов обоих производств. Таким образом, показатель ритмичности должен быть интегральным и включать в себя три основных элемента графика: количественный (объем производства), качественный (выполнение заказов) и временной (соответствие фактических моментов поступления составов со слитками запланированным).

Здесь возникает вопрос: следует ли включать в обобщающий показатель выполнение плана (графика) по объему производства, ибо

объем производства находит свое отражение и во втором показателе – выполнении плана (графика) в соответствии с заказами. Думается, что этот показатель включать следует, так как он включает в себя не только выполненные заказы, но и учитывает металл, выплавленный не по заказам, но, как правило, в счет будущих заказов.

Тогда коэффициент ритмичности можно представить векторным критерием вида

$$K_p = \{K_1, K_2, K_3\}, \quad (23)$$

где K_1 – критерий, оценивающий выполнение плана (графика) по объему;

K_2 – критерий, оценивающий выполнение плана (графика) по заказам;

K_3 – критерий, оценивающий выполнение плана (графика) по времени выдачи готовой продукции.

Преобразование исходной модели к виду, удобному для получения оптимальной оценки, вызывает необходимость решения трех принципиальных задач:

– выбора принципа оптимальности, определяющего правило выбора оптимального решения при оценке качества функционирования системы по всем частным критериям;

– выбора принципа нормализации, приводящего все критерии к единому масштабу измерения и позволяющему производить их сопоставление;

– выбора принципа учета приоритета, позволяющего отдавать предпочтение более важным критериям.

Первая задача была решена на основе принципа максимизации взвешенной суммы критериев:

$$\text{opt } K_p = \max \sum_i \alpha_i K_i, \quad (24)$$

где α_i – весовые коэффициенты при частных критериях K_i .

Этот принцип оптимальности имеет смысл только в нормализованном пространстве критериев, когда все локальные критерии имеют одинаковый масштаб измерения.

Большинство принципов нормализации основывается на введении

понятия идеального качества функционирования системы. Тогда выбор оптимального решения (оценки) становится равнозначным наилучшему приближению к этому идеальному вектору. В этом случае вместо действительной величины критериев рассматривается их отклонение от идеального значения, которое переводится в безразмерную величину:

$$K_i = Q_i^{\phi} / Q_i^n, \quad K_i \in [0, 1], \quad (25)$$

где Q_i^n – плановое (идеальное) значение критерия;

Q_i^{ϕ} – фактическое значение критерия.

По формуле (25) определяются значения K_1 и K_2 . Значение критерия K_3 определится по формуле

$$K_3 = 1 - (\sigma / X), \quad (26)$$

где σ – среднее квадратичное отклонение фактических интервалов поступления составов со слитками в отделение нагревательных колодцев от запланированных;

X – средний планируемый интервал поступления составов.

В связи с неравнозначностью частных критериев возникает необходимость учета их приоритета. С этой целью использован принцип гибкого приоритета с заданием весового вектора.

Весовой вектор α трехмерный:

$$\begin{aligned} \alpha &= \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\}, \\ \alpha_i &\in [0, 1], \\ \sum \alpha_i &= 1. \end{aligned} \quad (27)$$

Каждая компонента α_i имеет смысл весового коэффициента, определяющего относительное превосходство i -го критерия над остальными.

Определение этих весовых коэффициентов представляет собой наибольшую сложность при оценке ритмичности сталеплавильного производства. Для этого целесообразно использовать экономическую оценку потерь, вызванных отклонениями фактических значений каждого из частных критериев от запланированных на величину, равную одному проценту.

Для определения значения α_1 , учитываются следующие потери:
потери в сталеплавильном производстве от невыполнения плана по объему производства, включающие потери от увеличения себестоимости стали;

потери в обжимном цехе из-за дополнительного всада соответствующего объема холодного металла со склада слитков.

При расчете значения α_2 , учитываются издержки от переназначения стали из одной марки в другую, а также штрафы за непоставку заказанной продукции в срок.

Расчет значения α_3 осуществляется путем определения потерь при отклонении от заданного графиком времени поступления составов со слитками в отделение нагревательных колодцев, включающих потери от простоев колодцев, обжимного стана, увеличения расхода топлива на дополнительный нагрев металла и повышения угара металла из-за увеличения времени нагрева, увеличения времени оборота и износа изложниц.

Для одного металлургического предприятия с учетом вышесказанного были рассчитаны значения весовых коэффициентов, которые составили: $\alpha_1 = 0,30$; $\alpha_2 = 0,42$; $\alpha_3 = 0,28$. Таким образом, коэффициент ритмичности сталеплавильного производства для этого предприятия определится по формуле

$$K_p = 0,30K_1 + 0,42K_2 + 0,28K_3.$$

Разумеется, на каждом предприятии в силу различия указанных стоимостных оценок значения весовых коэффициентов будут отличаться.

Представление векторного критерия в виде совокупности частных критериев и наличие информации об экономическом ущербе от снижения уровня каждого из них позволят более целенаправленно управлять ритмичностью производства путем выделения групп работников, результаты деятельности которых влияют на тот или иной частный критерий, и разработки системы материального стимулирования для каждой из этих групп.

2.4 МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИНЦИПОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРИНЦИПОВ

Возвратимся к схеме принципов организации производства: непрерывность – ритмичность частичных процессов – пропорциональность. Непрерывность производственного процесса в первую очередь обеспечивается ритмичностью частичных процессов, которая, как уже отмечалось, представляет собой систематическое повторение через определенные промежутки времени, называемые ритмом, производственного процесса на всех его ступенях, в результате чего в данное рабочее время достигается данный результат.

Обоснование системы принципов следует осуществлять путем оценки степени участия отдельных принципов в формировании длительности производственного цикла, а также влияния их на составляющие формулы (19). С этой целью представим длительность производственного цикла $T_{ц}$ в развернутом виде. Как известно, она включает время производства и перерывов в движении предметов труда. Время производства, в свою очередь, складывается из времени технологических операций $\tau_{т}$, естественных процессов $\tau_{е}$, транспортировки $\tau_{тр}$, и технического контроля $\tau_{к}$; время перерывов – из времени межоперационного пролеживания предметов труда $\tau_{мо}$, и пролеживания их в связи с режимом работы предприятия $\tau_{р}$, т.е.

$$T_{ц} = \sum \tau_{т} + \sum \tau_{е} + \sum \tau_{тр} + \sum \tau_{к} + \sum \tau_{мо} + \sum \tau_{р}. \quad (28)$$

Необходимым условием ритмичности и непрерывности производственного процесса является пропорциональность, оказывающая влияние на многие составляющие формул (19) и (28).

Определение необходимой пропорциональности связано с нахождением оптимальных коэффициентов загрузки фаз, количества каналов обслуживания в фазах, среднего времени ожидания в очереди предметов труда. В ряде случаев пропорциональность оказывает влияние и на время технологических операций. Это характерно для тех процессов, где время обслуживания (обработки) зависит от времени ожидания в очереди, а также в случае обслуживания предмета труда по принципу полной или частичной взаимопомощи между каналами об-

служивания.

Таким образом, пропорциональность оказывает влияние на ритмичность через составляющие формулы (19) K_{zi} , m_i , τ_{mi} и на длительность производственного цикла через составляющие формулы (28) τ_m , τ_{Mo} .

Как уже отмечалось, многие ученые включают в состав принципов прямоточность, параллельность, специализацию. Рассмотрим их содержание и целесообразность включения в систему принципов.

Прямоточность предполагает обеспечение кратчайшего пути прохождения предметов труда между всеми ступенями производственной системы без встречных и возвратных движений материальных потоков. Согласно такому подходу расположение цехов, участков, различных служб и складских помещений должно соответствовать последовательности выполнения операций производственного процесса. Свое конкретное выражение прямоточность находит во времени транспортировки предметов труда $\tau_{тр}$.

На стадии проектирования производственной системы при определении кратчайшего пути учитывается ряд ограничений, связанных с требованиями техники безопасности и пожарной безопасности. Кроме того, учитывается и экономическая сторона вопроса, заключающаяся в том, что сокращение пути между смежными ступенями приводит, с одной стороны, к снижению как единовременных затрат на транспортные каналы, так и текущих затрат в связи с уменьшением длительности производственного цикла; с другой стороны, оно может привести к увеличению затрат в будущем, так как недостаток производственных площадей будет сдерживать дальнейшее развитие производства. Степень прямоточности может быть измерена коэффициентом прямоточности K_{nm} вида

$$K_{nm} = 1 - (\tau_{mp} / T_{\psi}) \quad (29)$$

Как видно, прямоточность непосредственно влияет на длительность производственного цикла и ее следует включить в систему принципов.

Параллельность подразумевает одновременное выполнение частичных процессов (или отдельных операций внутри них) изготовления изделия. Наиболее широкое распространение параллельность получила в машиностроении, где изготовление отдельных деталей и узлов осу-

ществляется одновременно на различных участках, линиях, рабочих местах, с тем чтобы они в определенный момент времени поступили на сборку. Такая организация производственного процесса позволяет значительно уменьшить длительность производственного цикла и, таким образом, для машиностроения и ряда других отраслей принцип параллельности является достаточно важным.

Имеется, кроме этого, еще одно понимание параллельности – одновременное выполнение одинаковых операций по изготовлению различных изделий внутри частичного процесса на одной или нескольких единицах оборудования, например, нагрев заготовок в методической печи, выплавка стали в нескольких сталеплавильных агрегатах. В данном случае параллельность проявляет свое влияние на непрерывность через пропорциональность посредством расчета необходимого числа одновременно обрабатываемых предметов труда или количества единиц оборудования, т.е. является фактором, определяющим пропорциональность, и находит свое отражение в структуре производственной системы.

Таким образом, параллельность не следует включать в систему принципов организации производства в металлургии.

Говоря о *специализации*, необходимо различать технологическую и предметную специализации. И та, и другая оказывают влияние на непрерывность производственного процесса.

Технологическая – через пропорциональность: изменение числа специализированных участков, рабочих мест влияет на соотношение производственных мощностей этих участков, их загрузку. Следует, однако, иметь в виду, что чрезмерное деление системы на специализированные участки может привести к отрицательным последствиям, т.е. к снижению эффективности производства из-за увеличения производственных площадей, увеличения длительности производственного цикла по причине усложнения связей между участками. Таким образом, технологическую специализацию следует рассматривать как фактор (в рамках структуры производственной системы), определяющий пропорциональность.

Связь предметной специализации с непрерывностью довольно сложная. Во-первых, она является фактором, определяющим пропорциональность (через структуру производственной программы). Во-вторых, в ряде случаев предметная специализация может оказывать влияние на ритмичность через фактический фонд времени работы [со-

ставляющая T_i^ϕ в выражении (19)]. Например, в прокатных цехах увеличение номенклатуры выпускаемой продукции приводит к росту числа перевалок, что ведет к уменьшению фонда времени работы прокатных станов.

На взгляд автора, в систему принципов организации производства целесообразно включить принцип надежности производственной системы, характеризующей ее способность выполнить заданную производственную программу.

Надежность производственной системы складывается из технической и организационной надежности. Техническая надежность обеспечивается конструкцией, качеством изготовления технического устройства, на котором осуществляется выпуск продукции, и определяется коэффициентом готовности этого устройства K_g , определяемым по формуле

$$K_g = T_1 / (T_1 + T_2),$$

где T_1 – средняя продолжительность работы оборудования между двумя отказами;

T_2 – среднее время устранения отказа.

Организационная надежность обеспечивается созданием необходимых резервов в виде производственных мощностей, запасов предметов труда, людей, необходимых для полного выполнения заказов потребителей, исходя при этом из условия минимизации суммарных издержек в системе, включающих потери от резервирования, с одной стороны, и от невыполнения заказов, с другой. Принцип надежности в теоретическом плане разработан еще в недостаточной мере, не создано пока его формализованного описания. Однако ясно, что надежность оказывает влияние на ритмичность через фактический фонд времени работы оборудования, оптимальный коэффициент загрузки оборудования, число каналов обслуживания и непосредственно на непрерывность через длительность межоперационных перерывов в движении предметов труда.

3 НЕКОТОРЫЕ КАТЕГОРИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

3.1 ВЕДУЩЕЕ ЗВЕНО И УЗКОЕ МЕСТО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Категории организации производства "ведущее звено" и "узкое место" широко распространены, но недостаточно определены, конкретны, что затрудняет их выделение при решении практических задач. С целью устранения этого их недостатка попытаемся дать понимание этих категорий с позиций теории пропорциональности.

Ведущим звеном принято считать ступень, где:

- ✓ выполняются основные технологические операции по изготовлению продукции;
- ✓ затрачивается наибольшая доля совокупности живого труда;
- ✓ сосредоточена значительная часть основных производственных фондов.

Рассматривая первый признак ведущего звена, следует отметить, что создание новых технологических процессов в некоторых производствах приводит к тому, что основные технологические операции сосредоточиваются по нескольким взаимосвязанным технологическим агрегатам. Так, например, в доменном производстве для доведения чугуна до необходимых кондиций все шире используется внепечная обработка. Аналогичная картина наблюдается и в сталеплавильных цехах, где получает широкое развитие так называемая ковшевая металлургия. Таким образом, этот признак не является универсальным.

То же самое можно сказать и о втором признаке. Повышение уровня механизации и автоматизации приводит к уменьшению затрат живого труда. Это явление наиболее характерно для основных производственных участков, которым, как правило, уделяется большее внимание, в результате чего доля живого труда на этих участках уменьшается быстрее, чем на вспомогательных.

В большей мере реальным условиям на металлургических предприятиях отвечает третий признак. Так, анализ структуры основных производственных фондов в основных цехах металлургических предприятий показал, что действительно значительная их часть сосредоточена на участках, где расположены основные агрегаты. Стоимость ос-

новых фондов доменных печей (с воздухонагревателями), конвертеров, собственно стана составляет соответственно 60–65, 12–15, 35–40% общей стоимости основных фондов соответствующих цехов.

Однако и здесь в результате научно-технического прогресса картина меняется. Если в старых прокатных цехах на долю собственно стана (линию рабочих клетей) приходится около 50% стоимости активной части основных фондов, то на современных 35–40%; в современных конвертерных цехах с внепечной обработкой и непрерывной разливкой стали на конвертеры приходится 5 % стоимости активной части основных фондов. Этот признак не срабатывает и в некоторых вспомогательных цехах (например, в механических), где возникают такие же проблемы, как и на машиностроительных предприятиях.

Однозначное понимание ведущего звена дает подход с позиции теории пропорциональности: *ведущим звеном* следует считать ступень производственной системы с наименьшим расчетным коэффициентом пропорциональности. Исходя из такой трактовки ведущего звена расчет производственной мощности системы сводится к нескольким этапам.

1 Определение путем моделирования системы расчетных коэффициентов пропорциональности взаимосвязанных фаз K_{ni} , где i – номер фазы.

2 Выбор из совокупности коэффициентов пропорциональности коэффициента с минимальным значением

$$K_n^m = \min \{ K_{ni} \}. \quad (31)$$

3 Определение производственной мощности системы M_c по формуле

$$M_c = K_n^m V, \quad (32)$$

где V – заданный объем производства.

Категория «узкое место» является одной из центральных в теории организации производства, однако до сих пор она не имеет однозначного толкования. Наиболее широкое распространение получили два определения узкого места:

- ✓ ступень, которая имеет наибольшую загруженность, т.е. максимальную продолжительность операции и неизбежного перерыва, и ограничивает дальнейшее сближение циклов;
- ✓ вспомогательная ступень, пропускная способность которой не соответствует пропускной способности основной ступени.

Первая формулировка трансформировалась из более ранней, где под узким местом принимали ступень, на которой производственный процесс протекает непрерывно. Такое толкование исходило из того, что процесс – это нечто стабильное, детерминированное. Но, как уже отмечалось выше, на протекание процесса оказывают влияние различные случайные факторы, определяя тем самым его вероятностный характер. Поэтому непрерывное протекание процесса в течение достаточно длительного промежутка времени невозможно; всегда будет иметь место некоторая вероятность простоя оборудования на этой ступени. Нельзя согласиться с первой формулировкой узкого места; она как раз отражает ту ситуацию, к которой следует стремиться, создавая условия для работы ведущего звена, т.е. минимальные его простои. Ее можно принять только в том случае, если она не имеет в виду ведущую ступень.

Прежде чем говорить о второй формулировке, определимся с понятиями основной и вспомогательной ступеней, так как в дальнейшем неоднократно придется сталкиваться с этими терминами. Под вспомогательной ступенью будем понимать ступень, где выполняются вспомогательные работы и услуги, обеспечивающие возможность выполнения основного производственного процесса. Выполнение этих работ и оказание услуг не приводят к изменению формы, размеров, физических свойств предметов труда. К ним следует отнести транспортировку материалов, их хранение, погрузочно-разгрузочные работы, ремонт оборудования и др.

Под основной ступенью будем понимать ступень, где выполняются технологические операции, связанные с изменением формы и размеров предметов труда или их физико-химических свойств.

В производственной системе может быть несколько основных ступеней. Так, например, в современном конвертерном цехе технологические операции выполняются непосредственно в конвертерах, на установках вакуумирования металла, на машинах непрерывного литья заготовок, т.е. имеются три основные ступени. Однако из всех ступеней (как основных, так и вспомогательных) имеется одна, являющаяся ведущим звеном. А так как у ведущего звена (ступени) самый маленький коэффициент пропорциональности, то, следовательно, она будет иметь наименьшую производственную мощность по сравнению со всеми другими ступенями, и задача других ступеней будет заключаться в обеспечении более высокой загрузки ведущего звена. Тогда узким местом может быть не только вспомогательная ступень, но и основная (не являющаяся ведущей).

Исходя из этого, вторую формулировку следовало бы представить в следующем виде: узким местом является ступень производственной системы, пропускная способность которой не соответствует пропускной способности ведущего звена. Однако и эта уточненная формулировка имеет недостаток – в ней отсутствует количественная мера "соответствия". Под соответствием можно понимать и равенство пропускных способностей всех ступеней, и некоторое превышение пропускных способностей ступеней над пропускной способностью ведущего звена.

Не имея этой меры, трудно выявить узкое место (за исключением явного случая, когда пропускная способность какой – либо из ступеней меньше пропускной способности ведущего звена), а также невозможно ответить на вопрос: до какого уровня следует повышать пропускную способность узкого места, чтобы оно таковым не являлось.

Аналогичным недостатком страдает и такая формулировка узкого места: под узким местом понимается элемент производственной системы, при увеличении мощности которого за счет организационных и технических мероприятий повышается эффективность функционирования системы в целом. То есть вопрос тот же: каким образом выявить узкое место и на какую величину повысить его пропускную способность?

Возвращаясь ко второй формулировке, допустим, что в двухфазной системе фактическое соотношение мощностей фаз имеет вид 1,2:1,0 (за единицу принимается мощность ведущего звена), т.е. мощность первой ступени на 20% выше мощности ведущего звена. Обеспечивает ли такое соотношение необходимое соответствие? На этот вопрос дать ответ невозможно, так как нет эталона для сравнения. В качестве такого эталона могут быть использованы расчетные коэффициенты пропорциональности.

Допустим, что расчетное соотношение мощностей данных фаз будет иметь вид 1,3 : 1,0. Этой информации достаточно для того, чтобы сделать вывод, во-первых, о том, что первая ступень является узкой, и, во-вторых, о том, что ее мощность необходимо повысить на 8,3%: $100 \cdot (1,3 - 1,0) / 1,0$. Таким образом, использование теории пропорциональности дает возможность достаточно просто выявить узкое место и определить необходимые затраты на их устранение. Тогда *узким местом* будет называться такая ступень производственной системы, для которой фактическое значение коэффициента пропорциональности меньше расчетного.

Рассмотрим вопрос, связанный с классификацией узких мест.

Узкие места являются одной из разновидностей диспропорций; другой – являются широкие места, т.е. ступени, пропускная способность (фактический коэффициент пропорциональности) которых превышает расчетную (расчетный). Производственная система не может в течение длительного времени функционировать в рамках заданных ей расчетных пропорций. Даже если первоначально она и находилась в таком состоянии, то под воздействием различных факторов (физический износ оборудования, научно-технический прогресс, использование передового опыта и др.) производственные мощности отдельных ступеней изменяются (уменьшаются или увеличиваются), причем неравномерно. Это одна из основных причин диспропорциональности и, в частности, узких мест.

Кроме того, диспропорции могут создаваться на стадии проектирования производственных систем. Они могут проектироваться сознательно, а могут быть следствием неверных проектных решений. Сознательно создаваемые диспропорции (широкие места) являются результатом экономически обоснованного резервирования мощностей отдельных видов оборудования (статичных элементов) в связи с необходимостью учета фактора динамизма мощностей. Причиной неверных проектных решений, приводящих к возникновению диспропорций (как узких, так и широких мест), является слабо развитая теоретическая и методическая база организации производства.

Таким образом, в качестве первого признака классификации узких мест используем признак области их возникновения. Согласно этому признаку узкие места можно разделить на создаваемые на стадии проектирования и на стадии эксплуатации производственных систем.

В качестве второго признака классификации можно использовать признак экономической оценки узких мест. Согласно этому признаку их можно разделить на экономически целесообразные и нецелесообразные.

С понятием узкого места мы, как правило, связываем сегодня необходимость выполнения комплекса технологических и организационных мероприятий, направленных на его устранение. Но каждое ли узкое место нуждается в устранении? Здесь нужен экономический подход. Устранение узкого места связано с определенными потерями и затратами: в ряде случаев это потребует остановки на некоторое время производства или частичного снижения производительности, необходимы также определенные затраты на проведение каких-либо техни-

ческих и организационных мероприятий.

Все эти издержки необходимо соизмерять с той экономией, которая может быть получена в результате устранения узкого места. Итогом такого соизмерения может оказаться отрицательный экономический эффект, свидетельствующий о том, что это узкое место устранять нецелесообразно, т.е. оно является экономически целесообразным. Если же расчеты показывают, что в результате устранения узкого места будет получен экономический эффект, то следует принять срочные меры к его ликвидации. Не исключено, что со временем в связи с изменением конъюнктуры (изменение цен на продукцию, на оборудование и др.) экономически целесообразное узкое место перейдет в разряд экономически нецелесообразного.

Использование приведенной классификации позволяет устанавливать причины возникновения узких мест, а, следовательно, и более целенаправленно устранять их, а также принимать обоснованные решения, связанные с совершенствованием организации производства.

3.2 НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Представленные ниже закономерности организации производства выявлены посредством имитационного моделирования производственных процессов. Различные производственные ситуации имитировались в основном с помощью простейшей модели двухфазной системы. Рассматривались взаимосвязи между пропорциональностью, производительностью производственной системы, с одной стороны, и абсолютным объемом производства, структурой производственной системы, степенью флуктуации случайных (временных) параметров – с другой.

При этом варьировались следующие параметры: интенсивность входящего потока λ , технически возможные производительности фаз P_i , коэффициенты вариации входящего потока v_λ и времени обслуживания в фазах v_i , число мест в очереди (емкость буферного устройства) перед фазами r_i , потери от простоя в очереди предметов труда q_λ и фаз q_i в единицу времени. Их значения сказываются на таких характеристиках системы как средняя длина очереди (средняя величина запаса предметов труда) перед фазой $M_{ож_i}$, коэффициенты загрузки фаз $K_{зi}$, максимальная емкость буферного устройства перед фазой B_i , суммарные издержки в системе G .

Исследование влияния абсолютного объема производства на

пропорциональность осуществлялось путем моделирования различных ситуаций, отличающихся интенсивностью входящего потока λ и соотношением мощностей фаз P_1/P_2 при заданных значениях q_λ , q_1 , q_2 , v_λ , v_1 , v_2 , r . Анализ результатов моделирования приводит к следующим выводам:

- ✓ характеристики системы (длина очереди, коэффициенты загрузки фаз) не зависят от абсолютных значений λ , а зависят от соотношения мощностей (производительностей) фаз (P_1/P_2);
- ✓ изменение объема производства приводит к изменению необходимых соотношений мощностей фаз.

Различие значений необходимых соотношений мощностей при различных объемах производства вызвано изменением соотношения стоимостей простоя фаз и ожидания предметов труда в очереди, что сказывается на значении суммарных издержек в системе, служащих для выбора оптимального варианта пропорций и определяемых по формуле

$$G = q_\lambda M_{ожл} + q_1(1 - K_{31}) + q_2(1 - K_{32}). \quad (33)$$

В выражении (33) $q_\lambda = const$, а q_1 и $q_2 = var$, так как изменяются мощности фаз. Отсюда и соотношение величин q_λ , q_1 , q_2 при разных объемах производства, а следовательно, и при разных мощностях фаз, будет изменяться.

Таким образом, первую закономерность можно сформулировать следующим образом: *изменение объема производства приводит к изменению необходимых пропорций производственных мощностей.*

Анализ зависимостей между пропорциональностью и структурой производственной системы начнем с рассмотрения зависимости между характером связи между фазами и пропорциональностью.

На рисунке 6 приведена зависимость коэффициентов загрузки фаз от числа мест в очереди (т.е. емкости буферного устройства) перед второй фазой. Изменение очереди для условий $P_1 = P_2 = \lambda$ и $v = 30\%$ осуществлялось от 0 до ∞ .

Как видно из графика, увеличение мест в очереди приводит к увеличению коэффициентов загрузки фаз. Наиболее чувствителен коэффициент загрузки к увеличению r от 0 до 1. Он при этом возрастает на 4,5–11%, и чем выше значение v , тем в большей мере возрастает коэффициент загрузки. Такой рост равносителен увеличению мощности первой фазы на 20–30%. Дальнейшее увеличение r позволяет

увеличивать коэффициент загрузки уже значительно меньшими темпами. Так, увеличение r с 1 до 2 приводит к увеличению $K_{3,2}$ (а соответственно и $K_{3,1}$) на 2–4%, с 2 до 3 – на 1–2%, начиная с 3 на 0,1–0,5%, а при $r \geq 5$ рост $K_{3,2}$ практически прекращается.

Изменение коэффициентов загрузки (рисунок 7) можно описать простой модифицированной экспоненциальной функцией вида $K_{3(1,2)} = a - be^{-r}$. Значения коэффициентов a и b для случая $P_1 = P_2 = \lambda$ представлены ниже:

$\nu, \%$	a	b	$\nu, \%$	a	b
0	1	0	30	0,984	0,128
10	0,997	0,054	40	0,996	0,154
20	0,992	0,102	50	0,965	0,200

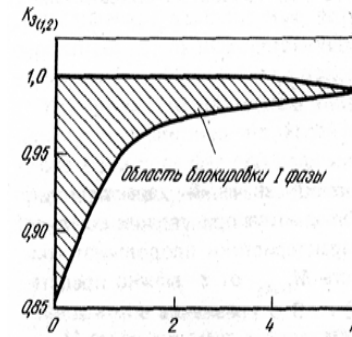


Рисунок 6 – График зависимости коэффициентов загрузки фаз $K_{3(1,2)}$ от емкости буферного устройства между фазами r при $P_1 = P_2 = \lambda$ и $\nu = 30\%$

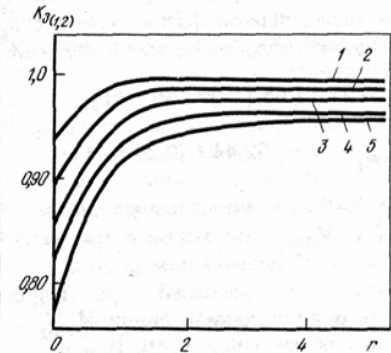


Рисунок 7 – График зависимости коэффициентов загрузки фаз $K_{3(1,2)}$ от емкости буферного устройства r и коэффициента вариации времени обработки предметов труда в фазах ν при $P_1 = P_2 = \lambda$ при ν соответственно: 1–10; 2–20; 3–30; 4–40; 5–50%

При этом максимальное значение $K_{3,2}$ составляет около 0,99. Следует отметить, что такое значение $K_{3,2}$ характерно лишь для заданных начальных условий (т.е. $P_1 = P_2 = \lambda$ и $\nu = 30\%$). Изменение пропорций мощностей и коэффициента вариации приведет и к изменению максимального значения $K_{3,2}$ ($K_{3,1}$).

Увеличение числа мест в очереди перед второй фазой приводит также к снижению емкости буферного устройства B_1 и средней величине

ны запаса (очереди) $M_{ож1}$ перед первой фазой и увеличению этих характеристик перед второй фазой. Изменение указанных характеристик перед первой фазой можно с достаточной точностью описать следующими гиперболическими функциями:

$$B_1 = 22 + [48,1 / (0,186 + r)],$$

$$M_{ож1} = 7 + [52,44 / (0,38 + r)].$$

Наиболее значительные темпы снижения значений характеристик B_1 и $M_{ож1}$ (примерно в три раза) наблюдаются при увеличении r от 0 до 1. С дальнейшим ростом r эти характеристики продолжают снижаться, но в меньшей мере. Зависимость $M_{ож2}$ от r можно представить в виде прямой линии $M_{ож2} = 0,6r$. Это уравнение справедливо в интервале $0 \leq r \leq 10$. При дальнейшем росте r темп прироста $M_{ож2}$ замедляется и при $r \rightarrow \infty M_{ож2} = 10$. Соответствующие графики представлены на рисунок 8.

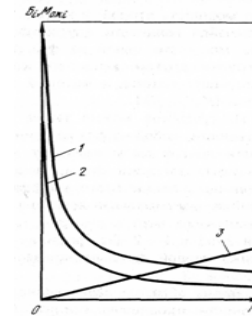


Рисунок 8 – График зависимостей B_1 (1), $M_{ож1}$ (2), $M_{ож2}$ (3) от r при $P_1 = P_2 = \lambda$; $v = 30\%$

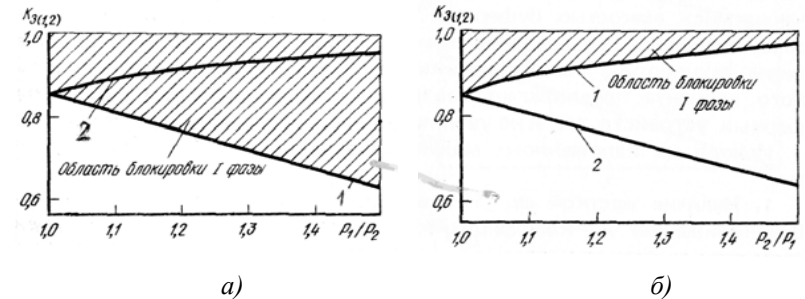


Рисунок 9 – Графики зависимости коэффициентов загрузки фаз от соотношения их мощностей при $v = 30\%$; $r = 0$; а – при $P_2 = \lambda$; б – при $P_1 = \lambda$; 1 – для $Kз_1$; 2 – для $Kз_2$.

Как уже отмечалось выше, наличие жесткой связи между фазами приводит к блокировкам предыдущих фаз последующими (см. рисунок 6). Это обстоятельство действует в сторону снижения коэффициентов загрузки фаз. Увеличение числа мест в очереди перед последующими фазами, т.е. постепенный переход от жесткой связи к полужесткой (с ограниченной очередью) и к гибкой, приводит к улучшению всех характеристик функционирования системы (снижению длины очереди перед фазой, повышению коэффициентов загрузки фаз). Такое положение объясняется тем, что фазы становятся менее зависимыми друг от друга.

Увеличение числа мест в очереди приводит к снижению времени блокировки и при определенных значениях r (r_0) это время практически равно нулю. Значения r_0 определяются степенью флуктуации случайных величин ν , числом фаз в системе. Так, для двухфазной системы с коэффициентом вариации случайных величин на уровне 10% блокировка исчезает при $r=5$. Чем выше значения ν , тем больше должна быть величина r_0 , обеспечивающая отсутствие блокировки. Исследования показывают, что для наиболее вероятных в производственных условиях значений коэффициентов вариации ($\nu = 10 \div 50\%$) r_0 находятся в пределах от 5 до 10.

Увеличение числа мест в очереди перед последующими фазами по своему воздействию на характеристики системы аналогично увеличению мощности фаз при наличии между ними жесткой связи. На рисунке 9 представлены графики зависимости коэффициентов загрузки фаз двухфазной системы при постоянной мощности одной фазы (на рисунке 9а – это мощность второй, а на рисунке 9б – мощность первой фазы) и изменяющейся мощности другой фазы. Из графиков видно, что увеличение мощности одной из фаз приводит к увеличению коэффициента загрузки другой, мощность которой принята равной интенсивности входящего потока, и который характеризует производительность системы ($K_{z(1,2)} * \lambda$).

Из графиков можно также сделать вывод о том, что увеличение мощности любой из фаз на одинаковую величину при неизменной мощности другой фазы приводит к одинаковым темпам прироста коэффициента загрузки фазы, мощность которой не изменяется. Максимальное значение коэффициента находится на уровне 0,99 (такая же максимальная величина этого коэффициента и в случае увеличения

числа мест в очереди) и достигается при соотношении мощностей 2:1 и 1:2 (на графиках эти соотношения не показаны). Блокировка первой фазы прекращается, начиная с соотношения мощностей 3:1 и 1:3.

Таким образом, если мощность хотя бы одной из фаз равна интенсивности входящего потока (заданному объему производства), ни увеличение числа мест в очереди перед последующей фазой, ни увеличение мощности другой фазы не позволяет достигнуть объема производства в размере, превышающем 99% заданного объема производства (эта цифра характерна для $\nu = 30\%$ и чем больше значение ν , тем меньше она будет, и наоборот). Заданный объем производства обеспечивается некоторым соотношением мощностей фаз при их коэффициенте пропорциональности больше единицы. Так, для данных начальных условий ($\nu = 30\%$, число фаз равно двум) заданный объем производства с вероятностью не ниже 99,7% будет обеспечиваться следующими минимальными соотношениями мощностей: для $r = 0$ 1,2:1,15 и 1,15:1,25; для $r = 1$ 1,1:1,05; для $r = 2$ 1,05:1,05.

Как видно, выпуск необходимого количества продукции может обеспечиваться различными вариантами организации системы, отличающимися емкостью буферных устройств перед последующими фазами (конечно, где создание этих устройств не противоречит требованиям технологии), соотношениями мощностей фаз. Выбор оптимального варианта предполагает соизмерение затрат как на создание буферных устройств, так и на увеличение мощности отдельных фаз.

Исходя из изложенного можно вывести следующие закономерности.

1 Наличие жесткой связи между фазами приводит к блокировкам фаз, снижению их коэффициентов загрузки и снижению производительности системы в целом.

2 Переход от жесткой связи к полужесткой и гибкой приводит к улучшению показателей работы системы (увеличению коэффициентов загрузки фаз и производительности системы в целом). Наиболее резкий скачок этих показателей происходит при увеличении числа мест в очереди между фазами от 0 до 1.

3 По своему воздействию на характеристики системы увеличение числа мест в очереди равноценно увеличению мощности фаз.

4 Увеличение мощности любой из фаз на одинаковую величину при неизменной мощности других фаз приводит к одинаковому росту

коэффициентов загрузки других фаз, мощность которых не изменилась.

Влияние числа фаз на пропорциональность следует рассматривать с учетом характера связи между ними. В случае, когда имеется возможность создавать буферные устройства значительной емкости, увеличение числа фаз практически не оказывает влияния на характеристики системы (рисунки 10, 11). В случаях же жесткой и полужесткой связи это влияние сказывается существенно. Так, например, зависимость между коэффициентом загрузки фаз для системы с производительностями фаз, равными интенсивности входящего потока ($P_1 = \dots = P_n = \lambda$), при $v = 30\%$ и $r = 0$ и числом фаз в системе n можно представить в виде уравнения $K_n = 0,936 - 0,038n$ (где K_n – коэффициент загрузки последней фазы, определяющей производительность всей системы).

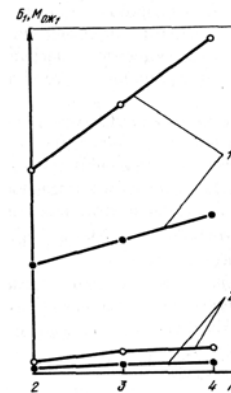


Рисунок 10 – Графики зависимостей $B_i(0)$, $M_{ож}(0)$ от n при $r=0$ (1) и при $r \rightarrow \infty$ (2)

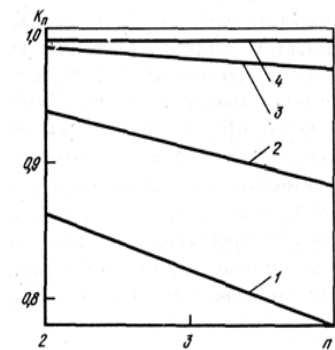


Рисунок 11 – Графики $K = f(n)$ при $P_1=P_2=P_3=P_4= \lambda$; $v=30\%$ для $r=0$ (1); 1 (2); 5 (3); ∞ (4)

С изменением числа фаз изменяются также минимально необходимые соотношения мощностей фаз, обеспечивающие выпуск заданного объема продукции. Так, для двухфазной системы с жесткой связью и при $v=30\%$ такое соотношение должно быть 1,05:1,05, а для трехфазной при прочих неизменных условиях 1,05:1,05:1,15, или 1,05:1,1:1,05 или 1,1:1,05:1,1.

Таким образом, можно сформулировать еще одну закономерность: *увеличение числа фаз при гибкой связи не сказывается на характеристиках системы; при жесткой связи это приводит к снижению производительности системы.*

Влияние коэффициента вариации времени обработки предметов труда в фазах v на коэффициент загрузки системы (на примере двухфазной системы), который определяется коэффициентом загрузки последней фазы K_{32} , при различной емкости буферного устройства показано на рисунке 12.

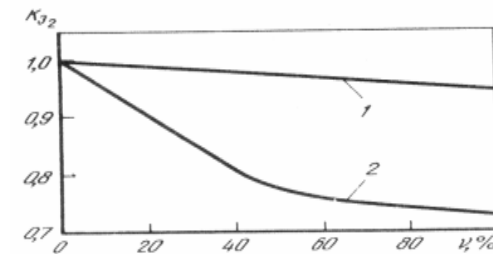


Рисунок 12 – Графики $K_{31} = f(v)$ при $r \rightarrow \infty$ (1) и $r = 0$ (2)

Из графика видно, что в случае жесткой связи между фазами ($r=0$) коэффициент загрузки особенно резко снижается в интервале от 0 до 50%; при наличии гибкой связи ($r \rightarrow \infty$) коэффициент загрузки с ростом v снижается несущественно. В результате этого исследования можно сформулировать следующую закономерность: *снижение коэффициентов вариации времени обслуживания предметов труда в фазах приводит к увеличению производительности системы.*

Полученные закономерности охватывают ограниченную область организации производства – область, связанную с пропорциональностью. Для выявления других закономерностей организации производства необходим более широкий круг исследований.

4 МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И АНАЛИЗА УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

4.1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ОЦЕНКИ УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Уровень организации производства характеризует количественная оценка состояния организации производства на предприятии, в его производственном подразделении (цехе, участке, отделении). Умение определять уровень организации производства необходимо для всех стадий "жизни" производственных систем.

При проектировании производственных систем это позволяет принимать обоснованные решения, связанные с выбором состава оборудования на отдельных участках, его мощности, емкости буферных устройств и норм запаса сырья, материалов, полуфабрикатов; определять плановые нормативы движения предметов труда и уровень использования производственных мощностей.

На стадии эксплуатации производственных систем наличие показателя, характеризующего уровень организации производства, позволяет сравнивать работу производственного подразделения за различные отрезки времени, работу различных производственных подразделений за определенный период времени, выявлять резервы совершенствования организации производства и принимать обоснованные решения, направленные на совершенствование производственных систем.

Результаты деятельности производственных подразделений оцениваются по степени выполнения плановых технико-экономических показателей (объем производства, себестоимость, производительность труда и др.). Отсутствует, однако, при этом показатель, который оценивал бы использование потенциальных возможностей данного подразделения при существующей технике, технологии. Таким показателем может быть показатель уровня организации производства.

Разумеется, такой показатель должен объективно отражать степень согласованности элементов производства, а поэтому должен быть всесторонне обоснован.

К настоящему времени для промышленности различными НИИ, академическими и учебными институтами, предприятиями разработано значительное количество методик оценки уровня организации производства, труда и управления.

В этих методиках много общего и отличаются они, как правило,

лишь числом частных показателей, отражающих отдельные стороны производственной деятельности. Однако есть и принципиальное различие, состоящее в том, что в некоторых методиках предлагается оценивать отдельно уровни организации производства, труда и управления, а затем на основе показателей, характеризующих эти уровни, определять результирующий показатель организационного уровня; в других же методиках этот показатель определяется непосредственно на основе совокупности частных показателей, отражающих как организацию производства, так и организацию труда.

Для всех этих методик характерно то, что все частные показатели (а также соответственно и результирующий) изменяются в пределах от 0 до 1. Такой подход правомерен, так как абсолютные показатели несопоставимы.

Всем этим методикам присущ ряд общих недостатков, о которых будем говорить ниже.

Имеет достаточно широкое распространение оценка организационно-технического уровня, которая отражает совокупное состояние техники, технологии и организации производства. Не возражая, в принципе, против такой комплексной оценки, следует сказать, что она не должна заменять оценку состояния отдельных сторон производства – техническую и организационную. Как уже отмечалось, эти стороны хотя и находятся во взаимосвязи, но в то же время имеют значительную степень самостоятельности и, чтобы управлять уровнем каждой из них, необходима их отдельная оценка.

Несмотря на наличие большого числа методик по оценке уровня организации производства, их применение на предприятиях очень ограничено. Это вызвано рядом причин, основной из которых является то, что показатель уровня организации производства не входит в число показателей, обязательных для статистической отчетности, и поэтому не планируется на предприятиях. Другая причина заключается в сложности расчета некоторых частных показателей, что приводит к увеличению объема работ экономических служб.

Использование этого показателя в практической деятельности сдерживается также тем, что он недостаточно согласуется с основными технико-экономическими показателями деятельности производственных подразделений предприятий.

Широкое использование этих методик в практической деятельности сдерживается наличием серьезных недостатков. Эти недостатки сводятся к следующему:

1 Определение результирующего показателя как среднего или среднегеометрического значения частных показателей неправомерно. Отсутствие учета относительной важности каждого из частных показателей (через коэффициенты относительной важности) приводит к тому, что их изменение на одну и ту же величину приводит к одинаковому воздействию на результирующий показатель, хотя при этом воздействие их на основные технико-экономические показатели может существенно различаться.

2 При выборе частных показателей не всегда соблюдается принцип причинно-следственной связи. Так, например, в методике ВНИИО-чермета среди частных показателей фигурируют коэффициент выполнения профилемарочного графика и коэффициент выполнения заказов. Несомненно, что выполнение заказов является следствием выполнения профилемарочного графика. Поэтому нет необходимости включать одновременно оба этих показателя.

3 Серьезным недостатком является отсутствие эталонных значений как частных, так и результирующего показателей. Допустим, получили коэффициент уровня организации производства, равный 0,8. Но хорошо это или плохо? Этому данная цифра не говорит, поскольку ее не с чем сравнивать. Действительно, если мы можем и должны стремиться к достижению максимального значения (оно равно единице) таких показателей, как коэффициент ритмичности, коэффициент выполнения заказов, то для таких показателей, как коэффициент использования средств труда, коэффициент специализации, максимально достижимые значения являются неопределенными. Можно лишь сказать, что достигнуть единицы для этих коэффициентов невозможно. Это обстоятельство не позволяет с полной определенностью судить об экономическом содержании величины коэффициента уровня организации производства и о величине резервов повышения уровня организации производства.

4 Основным недостатком методик, является то, что все частные показатели считаются равнонаправленными, т.е. считается, что можно одновременно достигнуть максимального значения этих показателей. Однако, как уже отмечалось ранее, такие показатели, как коэффициент использования средств труда и коэффициент непрерывности движения предметов труда, находятся между собой в обратно пропорциональной зависимости: увеличение первого приводит к снижению второго и наоборот.

5 Другой общий недостаток методик заключается в том, что они

направлены на оценку уровня организации производства во время эксплуатации производственных систем и не обеспечивают решение этой задачи на стадии проектирования.

Отмеченные недостатки свидетельствуют о невысокой научной обоснованности указанных методик и снижают их практическую значимость.

4.2 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Теория организации производства базируется на принципах, отражающих закономерности организации производства. На основе этих принципов осуществляются проектирование, функционирование и развитие производственных систем. Таким образом, количественной мерой степени согласования элементов производства на всех стадиях «жизни» производственной системы должна являться степень реализации принципов организации производства. В свою очередь, степень согласования элементов производства характеризует уровень организации производства и, следовательно, об уровне организации производства можно судить по степени реализации принципов организации производства.

Этот принципиальный подход лежит в основе большинства методик оценки уровня организации производства, и с ним следует согласиться. Основные трудности на этом пути возникают в связи с недостаточно разработанной в настоящее время в теории организации производства системы принципов организации производства. Следствием такого положения является отсутствие единого подхода к измерению уровня организации производства. Это относится как к выбору необходимого состава частных показателей и способу количественного измерения каждого из них, так и к способу формирования обобщенного показателя, служащего для комплексной оценки уровня организации производства.

В основе предлагаемого ниже показателя, характеризующего уровень организации производства (коэффициента организации производства), лежит система принципов организации производства, описанная в разделе 2, в частности, принцип непрерывности, синтезирующий в себе действие всех других принципов. Количественной мерой этого принципа является коэффициент непрерывности производственного процесса, отражающий степень использования всех элементов произ-

водства. При этом использование живого труда опосредованно проявляется через использование средств труда. Таким образом, по показателю непрерывности производственного процесса можно судить об уровне его организации.

Однако этот показатель характеризует уровень организации производства лишь с количественной стороны. Необходима, кроме того, и качественная оценка, отражающая степень соответствия выпускаемой продукции заказам потребителя. В доменном производстве, например, такая оценка может быть осуществлена через показатель качества чугуна, учитывающий содержание в нем кремния, серы, фосфора, в сталеплавильном и прокатном – через уровень выполнения заказов.

В общем виде коэффициент организации производства $K_{оп}$ определяется по формуле

$$K_{оп} = \alpha_1 K_k + \alpha_2 K_n \quad (34)$$

где K_k – коэффициент, характеризующий качественную сторону производственного процесса;

K_n – коэффициент непрерывности;

α_1 и α_2 – коэффициенты относительной важности соответствующих показателей.

Следует иметь в виду, что $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$.

Достоинством этого показателя является то, что он тесно связан с конечными технико-экономическими показателями деятельности отдельных производственных подразделений. При превышении фактического ритма производственного процесса над нормативной его величиной возникают дополнительные затраты и потери в производстве, что приведет к снижению объема производства, увеличению себестоимости и найдет свое отражение в снижении $K_{оп}$. Этот показатель имеет определенный организационно-экономический смысл, что является весьма важным при оценке конечных результатов деятельности производственных подразделений и их анализе.

Однако одного показателя для оценки уровня организации производства недостаточно, так как необходимо уметь измерять разные стороны организации производства как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации производственных систем. Во-первых, необходимо иметь предельные эталонные значения уровня организации производства, к которым должна стремиться система как с учетом ее совершенствования в техническом и организационном плане, так и ис-

ходя из ее реальных возможностей, определяемых существующим уровнем ее развития. Во – вторых, нужно знать фактическое состояние организации производства и соизмерять ее с имеющимися эталонами с целью определения достигнутого уровня и выявления резервов организации производства. Для этого может быть использована следующая система показателей.

1 *Оптимальный (эталонный) коэффициент организации производства.* Его значение принимается равным единице. Достижение такого уровня организации производства возможно в том случае, когда фактический ритм производственного процесса (объем производства) равен оптимальному ритму (объему производства). Последний определяется для условий соблюдения оптимальной пропорциональности производственного процесса и должен рассчитываться на стадии проектирования производственных систем. Однако в связи с тем, что в настоящее время при проектировании такое не делается, его следует рассчитывать для действующих производственных систем с учетом обеспечения оптимальной пропорциональности.

2 *Нормативный коэффициент организации производства.* Он характеризует максимально достижимый уровень организации производства с учетом реальных объективных условий, сложившихся в конкретной производственной системе (т.е. при данной технике, технологии, фактическом уровне пропорциональности).

Имея в виду, что коэффициент выполнения заказов при расчете эталонного и нормативного коэффициентов организации производства принимается равным единице, значение нормативного коэффициента определится по формуле

$$K_{он}^н = \tau_p^o / \tau_p^н = V^н / V^o, \quad (35)$$

где τ_p^o , $\tau_p^н$ – соответственно оптимальный и нормативный ритм производственного процесса;

$V^н$, V^o – соответственно оптимальный и нормативный объем производства.

Нормативный ритм производственного процесса определяется для условий фактического уровня пропорциональности в данной производственной системе. Необходимость определения этого параметра вызвана тем, что любой производственной системе в силу ряда объективных и субъективных причин присущи некоторые диспропорции. В большинстве случаев это приводит к тому, что $\tau_p^н > \tau_p^o$. Однако

в случаях наличия значительных избыточных мощностей в отдельных фазах производственной системы (сверх оптимального значения) возможно и обратное соотношение этих параметров. Об этом будет свидетельствовать значение $K_{on}^H > 1$.

Разница между эталонным и нормативным значениями коэффициентов организации производства будет характеризовать *потенциальные резервы повышения уровня организации производства* (в основном за счет создания необходимой пропорциональности), реализация которых необходима в перспективе и возможна лишь с привлечением дополнительных капитальных вложений. Будем характеризовать этот вид резервов *коэффициентом потенциальных резервов повышения уровня организации производства* K_{np} . Тогда

$$K_{np} = 1 - K_{O.I}^H \quad (36)$$

В большинстве случаев должно выполняться условие $0 \leq K_{np} < 1$.

При $K_{cn}^H > 1$ будет иметь место $K_{np} < 0$. Тем не менее и отрицательное значение K_{np} будет также отражать резервы повышения уровня организации производства за счет создания необходимой пропорциональности.

3 *Фактический уровень организации производства* следует определять как относительно эталонного, так и нормативного уровней.

Для постоянной практической деятельности целесообразно рассчитывать этот уровень относительно нормативного уровня организации производства. Для его характеристики введем *фактический коэффициент организации производства* K_{on}^ϕ , определяемый по формуле (34). При этом фактический коэффициент непрерывности производственного процесса K_n^ϕ определится по формуле

$$K_n^\phi = \tau_p^H / \tau_p^\phi = V / V^H, \quad (37)$$

где τ_p^ϕ и V^ϕ – соответственно фактический ритм производственного процесса и объем производства.

На основании коэффициента K_{on}^ϕ можно определить текущие резервы повышения уровня организации производства. Они будут характеризоваться *коэффициентом текущих резервов повышения уровня организации производства* K_{np} , для расчета которого может быть использована формула

$$K_{mp} = 1 - K_{on}^{\phi}. \quad (38)$$

Этот коэффициент показывает величину реальных резервов повышения уровня организации производства, которые реализуемы на сегодняшний день и, как правило, без дополнительных капитальных вложений.

По фактическому коэффициенту организации производства можно судить также о напряженности планов производства. Допустим, что план по объему производства выполнен, но при этом $K_{on}^{\phi} < 1$. Это говорит о возможности увеличения объема производства. Но может быть и обратная картина – план не выполнен, но $K_{on}^{\phi} = 1$. В этом случае следует говорить о нереальности плана.

Для аналитических целей совместно с K_{on}^{ϕ} следует использовать показатель, характеризующий фактический уровень организации производства, определенный относительно эталонного уровня. Назовем его *достигнутый коэффициент организации производства* K_{on}^{δ} , для расчета которого нужно определить его основную составляющую – достигнутый коэффициент непрерывности производственного процесса K_n^{δ} он определится по формуле

$$K_n^{\delta} = \tau_p^{\delta} / \tau_p^{\phi} = V^{\phi} / V^{\delta}. \quad (39)$$

По значению K_{on}^{δ} можно судить о состоянии организации производства в данной производственной системе и о наличии резервов (как текущих, так и перспективных) повышения уровня организации производства. Размер этих резервов определяется по формуле

$$K_{op} = 1 - K_{on}^{\delta}, \quad (40)$$

где K_{op} – коэффициент общих (суммарных) резервов повышения уровня организации производства.

Как видно, для расчета системы коэффициентов организации производства необходимо уметь измерять оптимальный, нормативный и фактический ритм производственного процесса или объем производства. Эта задача применительно к двум первым параметрам является достаточно сложной, и в настоящее время она окончательно не решена. Ее решение возможно на основе имитационного моделирования производственных процессов, обеспечивающего учет влияния на протекание процесса различных случайных факторов, характера связи и взаимо-

влияния между отдельными фазами производственной системы.

Для расчета коэффициента выполнения заказов, характеризующего качественную сторону производственного процесса, используется формула

$$K_3 = \sum X_j^{\phi} / \sum X_j^n, \quad (41)$$

где X_j^{ϕ} и X_j^n – соответственно фактический и плановый объемы производства j -го вида продукции.

Чтобы рассчитать коэффициент организации производства на основе K_k и K_n , необходимо найти коэффициенты относительной важности этих показателей α_1 и α_2 . Для этого потребуется оценить влияние изменения K_k и K_n на прибыль предприятия. Покажем подход к их расчету на примере сталеплавильного производства. Величины α_1 и α_2 будут определяться рядом факторов:

$$\alpha_1 = f(x_1, x_2, x_3, x_4); \quad \alpha_2 = f(x_4, x_5), \quad (42)$$

где x_1 – изменение прибыли из-за переназначения марок стали;
 x_2 – размер штрафа за содержание сверхнормативных запасов оборотных средств;
 x_3 – изменение прибыли из-за увеличения расходов по переделу на участке нагревательных колодцев обжимного цеха при нагреве холодного металла;
 x_4 – размер штрафа за невыполненный заказ;
 x_5 – изменение прибыли из-за сокращения объема производства.

Величины x_i определяются из расчета на одну плавку.

Так как переназначают, как правило, более сложные по химическому составу марки стали с более высокими затратами на заданное и расходами по переделу, изменение прибыли, учитывая различную рентабельность разных марок стали, определится следующим образом:

$$x_1 = (Ц_1 - Ц_2)Q, \quad (43)$$

где $Ц_1$ и $Ц_2$ – цена (оптовая или расчетная) соответственно заказанной и полученной марки стали, руб./т;

Q – масса плавки, т.

Сталь, выплавленная не по заказу, может пойти разными мар-

шрутами: храниться на складе слитков или, прокатанная на обжимном стане, храниться на складе заготовок. Могут прокатать ее и на передельных станах, затратив время на перевалку валков, и тогда она будет на складе готовой продукции ожидать своей реализации в счет будущих периодов. Во всех этих случаях происходит увеличение сверхнормативных запасов. Размер штрафа за их содержание в случае, когда металл будет храниться на складе слитков, определится по формуле

$$X_2 = C_c Q n_1 / 100, \quad (44)$$

где C_c – себестоимость заказанной марки стали, руб./т;

n_1 – размер штрафа за содержание сверхнормативных запасов, %.

Возможна ситуация, когда выполнение заказа может обеспечиваться за счет металла, имеющегося на складе слитков. При этом дополнительные издержки определяются увеличением затрат на нагрев металла в нагревательных колодцах обжимного стана. Чтобы рассчитать это увеличение, необходимо из цеховых расходов по переделу выделить расходы по переделу для нагревательных колодцев. По некоторым статьям расходов по переделу (заработная плата основных производственных рабочих, амортизация, энергетические затраты) распределение осуществляется прямым счетом, по другим (дополнительная заработная плата, прочие расходы цеха) – пропорционально сумме заработной платы, по текущему ремонту и содержанию основных средств – пропорционально стоимости основных фондов. Затем из расходов по переделу для участка нагревательных колодцев нужно выделить условно-постоянные расходы, чтобы скорректировать их сумму пропорционально увеличению времени нагрева металла. Кроме того, нужно учесть дополнительные потери от угара металла. Тогда изменение прибыли из-за прокатки холодного металла можно рассчитать по следующей формуле

$$x_3 = (C_1 - C_2) Q + P_y, \quad (45)$$

где C_1 и C_2 – условно-постоянные расходы по участку нагревательных колодцев соответственно на нагрев холодного и горячего металла, руб./т;

P_y – дополнительные потери от угара металла, руб.

В случае, когда отсутствует необходимый холодный металл или его недостаточно, необходимо рассчитать потери из-за штрафа, размер ко-

того можно определить по формуле

$$x_4 = CQn_2/100K_{p1}K_{p2}, \quad (46)$$

где C – цена заказанного профилеразмера проката, руб./т;

n_2 – размер штрафа за невыполнение заказа, %;

K_{p1} , K_{p2} – расходные коэффициенты металла в обжимном це-
хе и на чистовом стане соответственно.

Изменение прибыли из-за сокращения объема производства оп-
ределится по формуле

$$X_5 = (C - C)Q / K_{p1}K_{p2}, \quad (47)$$

где C и C – цена и себестоимость заданного профилеразмера,
руб./т.

Рассчитанные с помощью изложенной методики коэффициенты
относительной важности α_1 и α_2 для условий ЗСМК равны соответ-
ственно 0,24 и 0,76 (периодически, с изменением техники, технологии,
номенклатуры производимой продукции, цен эти коэффициенты следу-
ет корректировать).

Область применения отдельных коэффициентов уровня органи-
зации производства различна. Так, оптимальный коэффициент уровня
организации производства следует использовать лишь на стадии проек-
тирования производственных систем. Более широкое использование
должен иметь нормативный коэффициент уровня организации произ-
водства. Его следует применять ежегодно с целью обоснования меро-
приятий, направленных на совершенствование организации производ-
ства. При этом то или иное мероприятие целесообразно оценивать
с точки зрения его влияния на изменение пропорциональности и на ос-
новании этого устанавливать приоритет организационных мероприя-
тий.

Разумеется, что при этом не отпадает оценка этих мероприятий
по их экономической эффективности. Кроме того, этот коэффициент
следует пересчитывать после осуществления какого-либо мероприятия,
вызвавшего изменение пропорциональности. Расчет указанных коэф-
фициентов следует осуществлять, исходя из структуры годовой произ-
водственной программы, т.е. с учетом всех видов продукции и их доли
в общем объеме выпускаемой продукции в течение года.

Довольно ограниченное применение должен иметь и коэффици-
ент достигнутого уровня организации производства. Его целесообразно

рассчитывать в конце отчетного года или при разработке плана с целью установления величины общих резервов повышения уровня организации производства.

Наиболее широкое применение в практической деятельности должен иметь коэффициент фактического уровня организации производства. С его помощью можно оценивать уровень организации производства за различные периоды времени, начиная со смены и заканчивая годом. Более приемлемым периодом времени является месяц.

Целесообразно рассчитывать этот коэффициент как на стадии планирования, так и на стадии отчета. На стадии планирования по величине этого показателя можно судить о качестве плана производства продукции и, в первую очередь, о его напряженности. Рассматривая этот коэффициент как отчетный показатель, представляется возможным получать информацию о фактическом состоянии организации производства и о величине текущих резервов за отчетный период. Наличие методики анализа состояния организации производства позволит выделить отдельные факторы и степень их влияния на уровень организации производства. Для придания большей весомости этому показателю следует увязать его с системой материального стимулирования.

При расчете фактического коэффициента организации производства нормативные значения ритма процесса и объема производства необходимо определять для каждого планового периода с учетом планируемой (для планового коэффициента) структуры производственной программы. Это вызвано тем, что нормативные значения ритмов для разных видов продукции различны, и каждый плановый период имеет свою комбинацию видов продукции.

Сам по себе расчет коэффициентов организации производства не представляет трудности. Часть информации, необходимой для выполнения расчетов, имеется на предприятии, и для ее получения не требуется дополнительных трудозатрат. Это плановый и фактический объемы производства, структура производственной программы, плановые и фактические продолжительности ремонтов, структура и величина текущих простоев, коэффициент выполнения заказов.

Значительно труднее получить информацию об оптимальной и нормативной продолжительности ритмов процесса для различных видов продукции. Такого рода информация на предприятиях отсутствует и ее получение возможно лишь на основе моделирования производственного процесса. Однако, полученная однажды, она остается стабильной на протяжении значительного периода времени и изменяется

только при существенном изменении мощности участков и агрегатов системы. Кроме того, она должна дополняться при освоении новых видов продукции.

Методика оценки уровня организации производства не должна ограничиваться расчетом указанных коэффициентов. Кроме ответа на вопрос – какой уровень организации производства достигнут в данном производственном подразделении и каковы текущие и перспективные резервы повышения уровня организации производства, следует ответить также на вопрос о конкретных путях повышения уровня организации производства.

4.3 РАСЧЕТ УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В ПРОКАТНЫХ ЦЕХАХ

Как показывает анализ работы прокатных цехов, уровень выполнения заказов в них в значительной мере определяется внешними факторами, т.е. факторами, не зависящими от этих цехов (например, отсутствие необходимого металла, брак предыдущего передела и др.), и в меньшей мере внутренними факторами. Наиболее весомыми из последних являются увеличение текущих простоев и снижение производительности станков в горячий час по сравнению с плановыми показателями. Изменение этих факторов находит свое отражение в длительности ритма прокатки и, следовательно, уровень организации производства в прокатных цехах может быть достаточно объективно оценен посредством коэффициента непрерывности производственного процесса (т.е. $\alpha_1 = 0$; $\alpha_2 = 1$; $K_{on} = K_n$).

Покажем расчет и анализ показателей уровня организации производства на примерах. Как уже отмечалось, расчет нормативного и достигнутого коэффициентов организации производства следует выполнять один раз в год, а фактического – ежемесячно.

Пример 1. Расчет и анализ нормативного и достигнутого коэффициентов организации производства

1 Отчетный год характеризуется данными, представленными в таблице 3.

Кроме того, средним средним расходным коэффициентом металла составил 1,025 т/т; плановая продолжительность капитальных ремонтов 120 ч., текущих ремонтов 288 ч, текущих простоев по технически неизбежным причинам (без простоев по организационным причинам) 668 ч (8% номинального времени); фактический объем производства составил 1642 тыс. т.

Таблица 3 – Отчетные данные

Профилеразмер	Доля в общем объеме производства, %	Масса заготовки, т
Круг		
32	5,1	1,978
40	6,4	1,978
Уголок		
75x75x6	5,4	1,891
75x75x8	8,3	1,891
80x80x6	4,0	1,891
90x90x8	4,3	1,891
100x100x10	5,1	2,162
125x125x8	2,5	2,162
Швеллер		
8	4,5	1,631
12	20,5	1,631
14	11,0	1,631
16	18,9	1,631
Балка		
14	4,0	1,631

Значения ритмов прокатки представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Ритмы прокатки

Профилеразмер	Ритм прокатки, с			
	технически возможный	оптимальный	нормативный	фактический
1	2	3	4	5
Круг				
32	30,16	33,14	36,34	45,87
40	28,11	28,42	32,33	36,67
Уголок				
75x75x6	32,72	34,44	35,46	38,78
75x75x8	29,47	33,87	34,60	35,00
80x80x6	25,9	27,21	27,30	27,69
90x90x8	31,58	35,12	35,80	37,06
100x100x10	22,44	25,31	26,10	27,65
125x125x8	24,02	28,17	29,02	31,84
	25,80	27,34	29,85	30,93

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
Швеллер				
8	27,96	30,12	32,87	34,64
12	20,34	22,41	22,86	23,48
14	17,32	18,52	21,80	23,18
16	18,2	19,70	21,02	22,07
Балка				
14	24,21	24,21	28,10	34,10

Примечание – В таблице наряду с оптимальными и нормативными ритмами, необходимыми для расчета уровня организации производства и определяемыми путем моделирования производственного процесса, представлены также технически возможные ритмы, определяемые исходя из технических характеристик стана без учета взаимосвязей с другими участками цеха, и фактические ритмы.

Коэффициенты пропорциональности стана следующие (I – оптимальный, II – фактический):

	I	II
Печи	1,06	1,50
Собственно стан	1,00	1,00
Холодильник	1,26	1,26
Сортоплавильные машины	1,57	2,07
Ножницы	1,83	1,22
Линии укладки	1,72	3,25

2 Расчет оптимального объема производства

2.1 Определение расчетного фактического времени работы стана за год:

$$T_p^{\phi} = 8760 - (120 + 280 + 688) = 7684 \text{ ч}$$

2.2 Определение оптимального ритма прокатки, с (по данным таблиц 3, 4)

$$\tau_p^{\circ} = 33,14 * 0,051 + 28,42 * 0,064 + 34,44 * 0,054 + 27,21 * 0,083 + 35,12 * 0,040 + 25,31 * 0,043 + 28,17 * 0,051 + 27,34 * 0,025 + 30,12 * 0,045 + 22,41 * 0,205 + 18,52 * 0,110 + 19,70 * 0,189 + 24,21 * 0,040 = 25$$

2.3 Определение средней массы заготовки, т (по данным таблицы 3):

$$\bar{g} = 1,978 * 0,115 + 1,891 * 0,22 + 2,162 * 0,076 + 1,631 * 0,589 = 1,767$$

2.4 Определение оптимального годового объема производства, тыс. т.:

$$V^{\circ} = 7684 * 36001,767 / 25,0 = 1955$$

3 Расчет нормативного объема производства.

3.1 Определение нормативного ритма прокатки, с (по данным таблиц 3, 4):

$$\tau_p^H = 36,54 * 0,051 + 32,33 * 0,064 + 35,46 * 0,054 + 27,30 * 0,083 + 35,80 * 0,040 + 26,10 * 0,043 + 29,02 * 0,051 + 29,85 * 0,025 + 32,87 * 0,045 + 22,86 * 0,205 + 21,80 * 0,110 + 21,02 * 0,189 + 28,10 * 0,040 = 26,54$$

3.2 Определение нормативного годового объема производства, тыс. т.:

$$V^H = (7684 * 3600 * 1,767) / 26,54 = 1842$$

4 Определение нормативного коэффициента организации производства:

$$K_{O.П}^H = 1842 / 1955 = 0,942$$

5 Определение коэффициента перспективных резервов повышения уровня организации производства:

$$K_{П.Р} = 1 - 0,942 = 0,058$$

6 Определение достигнутого коэффициента организации производства:

$$K_{O.П}^Д = 1642 * 1,025 / 1955 = 0,86$$

7 Определение общих резервов повышения уровня организации производства:

$$K_{O.Р} = 1 - 0,86 = 0,14$$

8 Определение уровня пропорциональности производственного процесса в цехе по приведенным выше коэффициентам пропорциональности его участков по формуле

$$K_{y.П} = \left| \frac{1,06 - 1,50}{1,06 * 1,06} \right| + \left| \frac{1,0 - 1,0}{1,0} \right| + \left| \frac{1,26 - 1,26}{1,26} \right| + \left| \frac{1,51 - 2,07}{1,51 * 1,51} \right| + \left| \frac{1,83 - 1,22}{1,83} \right| + \left| \frac{1,72 - 3,25}{1,72 * 1,72} \right| / 6 = 0,65$$

Выполненные расчеты свидетельствуют о следующем. Во-первых, недостаточно высокий уровень пропорциональности (узким местом в цехе являются ножницы) снижает потенциальные возможности стана на 5,8 %. Реализация этих резервов возможна за счет увеличения производительности ножниц на 50%: $((1,83 - 1,22) / 1,22) / 100 = 50\%$

Во-вторых, судя по достигнутому уровню организации производства, на данном стане за счет использования перспективных и текущих резервов возможно увеличение объема производства на 14%, в т.ч. за счет текущих резервов на 8,2 %.

Пример 2. Расчет и анализ фактического коэффициента организации производства

1 Структура месячной производственной программы и баланс времени работы стана представлены в таблицах 5, 6.

2 Расчет нормативного объема производства (по плановому сортаменту).

2.1 Определение нормативного ритма прокатки, с (по данным таблиц 4, 5).

Таблица 5 – Структура производственной программы

Профилеразмер	Масса заготовки, т	План ¹	Отчет ¹
Уголок			
75x75x6	1,891	2,59/3750	2,58/3750
75x75x7	1,891	2,76/4000	2,76/4000
75x75x8	1,891	11,47/1800	11,44/1600
Швеллер			
8	1,631	26,04/37700	24,80/36000
14	1,631	-	2,48/36000
16	1,631	57,14/82700	55,94/81200
Итого	-	100,0/144750	100/145150
Примечание – ¹ В числителе – в %, в знаменателе – в т.			

Таблица 6 – Баланс времени работы стана

Показатель	В часах	
	План	Отчет
Календарное время	744	744
Текущие ремонты	24	26
простои	86/58	86
Фактическое время	634/662	632

$$\tau_p'' = 35,46 * 0,0259 + 34,60 * 0,0276 + 27,30 * 0,1147 + 32,87 * 0,2604 + 21,02 * 0,5714 = 25,6$$

2.2 Определение расчетного фактического времени работы стана, ч:

$$T_p^\Phi = 744 - (24 + 58) = 662$$

2.3 Определение средней массы заготовки, т (по данным таблицы 5)

$$\bar{g} = 1,891 * 0,1682 + 1,631 * 0,8318 = 1,675$$

2.4 Определение нормативного объема производства по всаду, т:

$$V^H = (662 * 3600 * 1,675) / 25,6 = 155932$$

3 Определение фактического коэффициента организации производства (для планового сортамента)

$$K_{O.П}^\Phi = (144750 * 1,025) / 155932 = 0,951$$

где 1,025 – плановый расходный коэффициент металла, т/т.

4 Расчет нормативного объема производства (по отчетным дан-

ным).

4.1 Определение нормативного ритма прокатки, с (по данным таблиц 5,6)

$$\tau_p^H = 35,46 * 0,0258 + 34,60 * 0,0276 + 27,30 * 0,1144 + 32,87 * 0,248 + \\ + 21,80 * 0,0248 + 21,02 * 0,5594 = 25,44$$

4.2 Определение средней массы заготовки, т:

$$\bar{g} = 1,891 * 0,1678 + 1,631 * 0,8322 = 1,674$$

4.3 Определение нормативного объема производства, т:

$$V^H = 662 * 3600 * 1,674 / 25,44 = 156819$$

5 Определение фактического коэффициента организации производства (по отчету):

$$K_{O.II}^{\phi} = 145150 * 1,025 / 156819 = 0,948$$

6 Определение текущих резервов повышения уровня организации производства:

$$K_{T.P} = 1 - 0,948 = 0,052$$

7 Отклонение коэффициента организации производства за счет экстенсивных факторов составляет:

- за счет отклонения продолжительности текущих простоев:

$$\Delta K_{K_2} = 26 - 24 / 662 = 0,003;$$

- за счет отклонения текущих простоев:

$$\Delta K_{K_3} = 86 - 58 / 662 = 0,042; \Delta K_{II} = 0,003 + 0,042 = 0,045$$

$$\text{Тогда } \Delta K_{O.II}^{\text{экс}} = 25,44 * 0,045 * 156819 / 3600 * 1,074 * 662 = 0,045$$

8 Отклонение коэффициента организации производства за счет интенсивных факторов составит

$$\Delta K_{O.II}^{\text{инт}} = 0,052 - 0,045 = 0,007$$

Выполненные расчеты дают основание сделать следующие выводы:

1 Несмотря на перевыполнение плана в натуральных показателях, отчетный коэффициент организации производства ниже планового. Это вызвано изменением структуры производственно программы.

2 Имеются возможности для увеличения выпуска продукции без дополнительных капитальных вложений на 5,2%, в том числе за счет совершенствования организации ремонтов на 0,3%, сокращения текущих простоев на 4,2% и совершенствования организации труда на 0,7%.

Использование предлагаемой системы показателей оценки уровня организации производства в практической деятельности требует разработки соответствующей системы материального поощрения.

Библиографический список

1. Летенко В.А., Туровец О.Г. Организация машиностроительного производства: Теория и практика. – М.: Машиностроение, 1982. – 208 с.
2. Козловский В.А. Организация производства: этап разработки. – СПб, 1998. – 109 с.
3. Организация производства: Конспект лекций / Сост. Н.Т. Савруков и др. – СПб: Политехника, 1996. – 217 с.
4. Степанов И.Г. Организация производства на предприятиях черной металлургии. – М.: Металлургия, 1992. – 144 с.
5. Новицкий Н.И. Организация производства на предприятиях: Учебно-методическое пособие. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 392 с.
6. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник для вузов. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 671 с.
7. Метс А.Ф. Организация производства в прокатных цехах. – М.: Металлургия, 1969. – 316 с.
8. Сероватин А.И. Расчет производительности оборудования прокатных цехов. – М.: Металлургия, 1970. – 96 с.
9. Шепеленко Г.И. Экономика, организация и планирование производства на предприятии: Учеб. пособие для вузов. – 2-е издание, дополненное и переработанное. – Ростов н/Д: Марг, 2001. – 544 с.

**Степанов
Игорь Германович**

Организация производства

Учебное пособие

Редактор Т.И. Головки

Подписано в печать 30.07.03. Формат 60 x 84 1/16.
Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 5,46. Уч.-изд.л. 5,94. Тираж 500 экз. Заказ

Новокузнецкий филиал-институт
Кемеровского государственного университета
654041, г. Новокузнецк, ул. Кутузова, 56, тел. 74-09-48
РИО НФИ КемГУ

Цена договорная