

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФО-МАТРИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ В СТРАТЕГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ОПТИМАЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Евгения Сергеевна ЗАМБРЖИЦКАЯ

кандидат экономических наук, доцент, руководитель образовательной программы «Учетные системы и бизнес-аналитика» Института элитных программ и открытого образования, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Российская Федерация
jenia-v@yandex.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 2757-8780

История статьи:

Рег. № 350/2021
Получена 17.06.2021
Получена в доработанном виде 30.06.2021
Одобрена 12.07.2021
Доступна онлайн 30.08.2021

УДК 658:338.32.053.3
JEL: C61, D24, G31, L25, M11

Ключевые слова:

производственная мощность, черная металлургия, стратегическое управление, производственные звенья, сопряженность

Аннотация

Предмет. Одной из важнейших задач менеджмента предприятий черной металлургии является поиск резервов производственных мощностей. Указанные резервы условно можно разделить на две группы: эксплуатационные, не предполагающие дополнительных капитальных затрат, и резервы развития производственных мощностей. Оценка и анализ эксплуатационных резервов относятся к оперативному уровню управления производством и эффективно реализуются при помощи автоматизированных учетных систем типа ERP. Второй вид резервов является более существенным и относится к уровню стратегического управления производством. Важнейшей составляющей указанного типа резервов является резерв устранения диспропорций производства (повышения сбалансированности производственных мощностей). Несмотря на высокую значимость, методика поиска указанных резервов имеет много нерешенных вопросов. Таким образом, актуальными в настоящее время являются разработка методики поиска резервов увеличения производственной мощности за счет повышения сбалансированности производственной системы и доведение ее до практического использования.

Цели. Разработка методики поиска резервов увеличения производственной мощности за счет повышения сбалансированности производственной системы на базе графо-матричных моделей металлургического производства полного цикла.

Методология. Использовались методы анализа и синтеза, принципы системности и комплексности, теория графов и матричное исчисление.

Результаты. Для развития существующих подходов к поиску резервов производственных мощностей предприятий черной металлургии на стратегическом уровне предложена методика оценки и анализа резервов увеличения производственной мощности за счет повышения сбалансированности производственной системы.

Выводы. Использование предложенного подхода к поиску резервов увеличения производственной мощности за счет повышения сбалансированности производственной системы позволит повысить качество стратегического управления производственными мощностями современных предприятий черной металлургии и, как следствие, их прибыльность и конкурентоспособность.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2021

Для цитирования: Замбржицкая Е.С. Применение графо-матричных моделей в стратегическом анализе оптимальности производственных мощностей предприятий черной металлургии // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2021. – Т. 20, № 8. – С. 1495 – 1515.
<https://doi.org/10.24891/ea.20.8.1495>

Металлургические предприятия относятся к базовой отрасли экономики, имеющей стратегическое значение для государства [1]. Уровень развития черной металлургии определяет состояние отраслей последующих переделов, в частности трубного производства, промышленного строительства, машиностроения, автомобилестроения, судостроения и др. Кроме того, металлургическая отрасль является одним из направлений специализации России в международном разделении труда [2].

Отраслевой особенностью предприятий черной металлургии является высокая стоимость эксплуатируемых основных производственных фондов, что определяет существенную долю амортизации в структуре себестоимости выпускаемой продукции. Поэтому особую значимость в вопросах управления указанными предприятиями имеет анализ эффективности использования их основных производственных фондов.

Одним из важнейших показателей, характеризующих основные фонды предприятия, является их производственная мощность, под которой традиционно принято понимать максимально возможный объем выпуска продукции заданного ассортимента в условиях нормального функционирования производственной системы [3–5]. При этом под производственной системой в данном случае понимается совокупность основных производственных агрегатов, оборудования и станков промышленного предприятия, объединенных между собой технологическими взаимосвязями.

Анализ показателей производственной мощности имеет целью выявление и оценку резервов увеличения объемов производства [6]. В настоящее время поиск резервов производственных мощностей предприятий черной металлургии является одной из важнейших задач менеджмента как на оперативном уровне, так и на стратегическом [7, 8]. При этом сама методика выявления и анализа резервов производственной мощности в настоящее время не имеет законченного решения.

Важно отметить, что поиск резервов производственной мощности активно обсуждается не только отечественными учеными, но и иностранными, при этом каждый из них расставляет свои акценты при решении поставленной задачи. Одним из наиболее популярных в исследованиях является направление поиска резервов за счет мероприятий организационного уровня (оптимизация графика рабочих смен, выравнивание времени работы оборудования и т.д.) [9–13].

Исследуя вопросы повышения производственных мощностей, некоторые авторы предлагают исходить из специально разработанных классификаций резервов, в частности Т.А. Понкратова и О.В. Секлецова предлагают деление всех резервов

производственной мощности на рациональные и иррациональные [7]. При этом под рациональным резервом предлагается понимать дополнительный резерв производственной мощности, обеспечивающий возможность быстрого переключения с одного продукта на другой в случае изменения рыночного спроса на продукцию. Иными словами, указанный резерв формируется осознанно и имеет вполне конкретное экономическое обоснование. Иррациональный резерв мощности в рассматриваемой классификации – это такой резерв, который по какой-то причине не использовался на предприятии и подлежит идентификации и вовлечению в производственный процесс. Аналогичные исследования можно встретить и в зарубежных статьях, например, в работе [14].

Интересной является классификация резервов производственных мощностей, выполненная ученым советского периода для предприятий машиностроения Р.Г. Маниловским¹ [15], который при классификации резервов по экономической природе предложил кроме резервов экстенсивного и интенсивного характера (резервы экстенсификации и интенсификации производства) выделить в отдельную группу некомплексные резервы или резервы устранения диспропорций производства.

Можно сделать вывод о наличии различных направлений поиска резервов увеличения производственных мощностей, каждое из которых заслуживает отдельного внимания и исследования с теоретической и практической точек зрения.

Для настоящего исследования при работе с резервами производственных мощностей принципиальным является выделение следующих их типов: эксплуатационные резервы (резервы производственных мощностей, не предполагающие дополнительных капитальных вложений в их развитие) и резервы совершенствования и развития производственных мощностей.

Первый тип резервов – эксплуатационные резервы – предполагает выявление недозагруженных производственных мощностей в целях их идентификации и, соответственно, вовлечения в производственный процесс. Как показывает обзор научных публикаций, большая часть специалистов по исследуемому вопросу работает именно в направлении поиска указанных резервов, предлагая в качестве основных мероприятий следующие: повышение коэффициента сменности, сокращение и ликвидацию внутрисменных простоев оборудования, повышение квалификации и профессионального мастерства работников и т.д. Оценка и анализ указанных резервов относятся к оперативному уровню управления производством. На практике в условиях действующих предприятий черной металлургии поиск указанных резервов эффективно реализуется при помощи соответствующего модуля «Управление производством» автоматизированных учетных систем типа ERP.

¹ *Воскресенский Б.В., Маниловский Р.Г.* Производственная мощность машиностроительного завода. М.: Машиностроение, 1973. 336 с.

Второй тип резервов – резервы совершенствования и развития производственных мощностей – является более существенным с позиции увеличения производственных возможностей металлургического предприятия. Важнейшей составляющей указанного типа резервов является резерв устранения диспропорций производства. Реализация данного резерва, как правило, связана с привлечением инвестиций. Очевидно, что для предприятий черной металлургии оценка и анализ резервов диспропорции производства относятся к уровню стратегического управления и, по сути, являются элементами такой функциональной стратегии, как управление производственными мощностями. С методической точки зрения указанный резерв, несмотря на свою значимость, является менее исследованным по сравнению с резервами использования существующих мощностей и содержит большое количество нерешенных вопросов.

Выявление и анализ резервов устранения диспропорций производственных мощностей традиционно основывается на оценке уровня их использования и в целом зависит от сбалансированности системы мощностей отдельных производственных подразделений. Иными словами, существующая методика оценки указанных резервов основывается на расчете коэффициента сопряженности звеньев производственной системы между собой²:

$$k = M1 / (M2 \cdot P_y), \quad (1)$$

где $M1$ и $M2$ – мощности цехов, участков, агрегатов, между которыми определяется уровень сопряженности в принятых единицах измерения;

P_y – расходный коэффициент одного вида продукции на другой (удельный расход продукции первого звена производственной системы на производство продукции второго звена).

Принципиальным вопросом в данном случае для металлургического производства является его многопродуктовость и подвижность ассортиментной структуры, что не позволяет выполнять расчет производственной мощности сквозным образом в одних и тех же единицах измерения. В настоящее время планово-экономические отделы предприятий черной металлургии выполняют расчет производственных мощностей в разрезе доменных, мартеновских, сталеплавильных и прокатных цехов. Далее выделяется узкое звено и по отношению к нему рассчитывается сопряженность (пропорциональность) каждого цеха, участка, передела. После этого делаются выводы относительно наличия резервов устранения диспропорций. Указанный подход не позволяет оценить сопряженность мощностей производственной системы в целом, что является принципиальным для целей стратегического управления производством.

² Воскресенский Б.В., Паламарчук А.С. Справочник экономиста машиностроительного предприятия. М.: Машиностроение, 1971. 376 с.; Метс А.Ф., Штец К.А., Бельгольский Б.П., Щепилов Ф.И. Организация и планирование предприятий черной металлургии. М.: Металлургия, 1986. 560 с.

Следующим недостатком существующей методики оценки пропорциональности звеньев производственной системы является то, что в некоторых случаях узких мест может быть несколько, следовательно, неочевидным становится, в отношении какого из них оценивать сопряженность всех остальных звеньев. Указанная ситуация, как правило, наблюдается при сходящихся производственных системах, когда имеются два звена, полуфабрикаты которых согласно технологии заходят в третье звено с определенными расходными коэффициентами (*рис. 1*).

Продолжая анализ применимости существующей методики оценки пропорциональности производственной системы, можно выделить еще одно ее принципиальное ограничение, а именно – указанный подход применим для однопродуктового производства или многопродуктового с фиксированной ассортиментной структурой. Очевидно, что в рыночных условиях указанное ограничение является невыполнимым для условий реального металлургического производства [16]. При этом игнорирование указанного ограничения делает существующие методики оценки пропорциональности неэффективными, так как при изменении ассортиментной структуры выпускаемой продукции узкое звено становится «плавающим», то есть может быть различным при разных пропорциях выпуска готовой продукции.

Таким образом, очевидно, что оценка резервов устранения диспропорций производства должна производиться при помощи математических моделей, позволяющих оценить сбалансированность производственной системы в целом, так как не исключена ситуация, что после «расшивки» очередного узкого звена производственная система в целом может стать менее сбалансированной при увеличении ее мощности. Также указанная модель должна в явном виде позволять учитывать возможные ассортиментные сдвиги в структуре выпускаемой продукции.

Для решения поставленной задачи предлагается задействовать инструментарий графо-матричного моделирования. Суть такого моделирования сводится к тому, что производственная система металлургического предприятия представляется в виде сетевого графа, который для математического описания интерпретируется через набор соответствующих матриц.

На *рис. 2* представлена производственная система типового предприятия черной металлургии полного цикла.

В соответствии с технологическим процессом полуфабрикаты основных металлургических переделов могут передаваться в последующий передел и реализовываться на сторону. Как видно на *рис. 2*, на сторону могут реализовываться чугун (полуфабрикат доменного цеха), заготовки непрерывного литья, сортовой прокат (уголок, круг, арматура и др.), непрерывнолитые слябы, горячекатаный лист и рулон, холоднокатаный лист и рулон.

Необходимо отметить, что копровый цех не пронумерован на *рис. 2*, так как его производственная мощность для целей дальнейшего анализа принимается регулируемой, что соответствует практике предприятий черной металлургии и выражается в их возможности определять поставки металлолома как исходного сырья для производства конечной продукции.

Для дальнейшей математической интерпретации производственной системы в целях анализа резервов диспропорции производства представим ее в следующем виде [17].

На *рис. 3* прямоугольниками обозначены основные производственные участки (звенья производственной системы), кружками – продукты, выпускаемые звеньями производственной системы; стрелками – движение продуктов (технологические взаимосвязи с учетом ассортимента выпускаемой продукции), в том числе и их реализация на сторону. Над каждой стрелкой указаны прямые расходные коэффициенты продукта на продукт b_{ij} , где i – номер продукта, который расходуется в процессе производства, а j – номер продукта, который производится, то есть тот продукт, на который расходуется i -й продукт.

Важно отметить, что для оценки сбалансированности производственной системы необходимо привести все единицы измерения конечной продукции к единому измерителю – условной ассортиментной тонне (у.а.т.). Для этого предлагается ввести фиктивное звено (производственное звено № 11 на *рис. 3*), которое выпускает каждый вид готовой продукции согласно заданной ассортиментной структуре (фиктивный продукт № 17 на *рис. 3*). Фиктивное звено характеризуется бесконечно большой производственной мощностью и нулевой долей основного капитала [17].

Графовой модели производственной системы для проведения аналитических расчетов соответствует математическая модель, представленная набором матриц. Расчет в матричной форме существенно облегчает аналитические процедуры и позволяет анализировать производственные системы с сетевой структурой и обратно направленными связями, что в полной мере соответствует специфике металлургического производства.

Выявление и анализ диспропорций производственных мощностей предприятий черной металлургии на базе графо-матричной модели предлагается выполнять последовательно в несколько этапов. Рассмотрим каждый из них более детально.

В рамках первого этапа необходимо определить пропускную способность i -го цеха (производственного звена), которая и представляет собой максимально возможный выпуск конечной продукции, ограниченный возможностями данного передела, но не возможностями других переделов:

$$PC_i = P_i / w_i, \quad (2)$$

где $ПС_i$ – пропускная способность i -го производственного звена;

P_i – производственная мощность i -го производственного звена;

w_i – сквозной расходный коэффициент i -го передела.

Производственная мощность i -го производственного звена металлургического предприятия характеризует максимально возможное количество продукции, которое может быть произведено в единицу времени и определяется через минимальную мощность ведущего агрегата цеха (ведущий агрегат цеха в металлургическом производстве – агрегат, определяющий производственную способность передела). В то же время производственная мощность агрегата есть произведение максимальной его производительности, определяемой, как правило, по данным технического паспорта оборудования, и номинального фонда рабочего времени, предусматривающего остановку работы оборудования на запланированные ремонты и неизбежные технологические простои.

Сквозной расходный коэффициент показывает расход продукции данного цеха на единицу конечной продукции системы, выраженной в условных ассортиментных единицах, и рассчитывается по формуле [17]:

$$w = (E - b)^{-1}a, \quad (3)$$

где w – сквозной расходный коэффициент (вектор с количеством элементов, соответствующих количеству звеньев производственной системы);

E – единичная матрица (размерность данной матрицы определяется количеством видов продукции);

b – матрица прямых расходных коэффициентов продукции i -го звена на единицу продукции звена ($i + 1$);

a – вектор ассортиментных соотношений выпускаемой продукции.

Прямой расходный коэффициент показывает расход продукции i -го звена на единицу продукции звена ($i + 1$).

Вектор ассортиментных соотношений выпускаемой продукции в рамках стратегического анализа определяется исходя из ориентиров компании на долгосрочный период планирования. Данный вопрос является самостоятельным и предполагает проработку отдельного методического инструментария.

В рамках второго этапа предлагаемой методики анализа резервов производственной мощности в части их сбалансированности необходимо выполнить оценку степени сопряженности (сбалансированности) производственных звеньев между собой. Для этого предлагается рассчитать интегральный коэффициент уровня сопряженности

производственной системы в целом [17]. В качестве веса используется доля основного капитала, вложенного в каждое производственное звено:

$$K_0 = \sum_{i=1}^n d_i \cdot k_i, \quad (4)$$

где K_0 – интегральный коэффициент загрузки производственной системы;

d_i – доля основного капитала, вложенного в i -е производственное звено;

k_i – коэффициент загрузки i -го производственного звена (индивидуальный коэффициент сопряженности);

n – количество производственных звеньев в системе.

Доля основного производственного капитала, вложенного в i -е производственное звено, представляет собой отношение величины основного производственного капитала i -го звена и совокупного производственного основного капитала промышленного предприятия. Источником данных может послужить информация бухгалтерского учета по счетам 01 «Основные средства» и 02 «Амортизация основных средств», при этом обязательным является выделение в системе аналитического учета именно производственного основного капитала.

Индивидуальный коэффициент сопряженности представляет собой отношение производственной мощности системы в целом и производственной мощности (пропускной способности) i -го производственного звена. Указанный показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$k_i = ПМ / П_{ci}, \quad (5)$$

где $ПМ$ – производственная мощность системы в целом.

Исходные данные для расчетов и полученные результаты представлены в *табл. 1–4*.

Производственная мощность исследуемого предприятия черной металлургии в целом составила 208,4 тыс. у.а.т. в месяц, а звенья производственной системы сопряжены между собой на 88%.

В рамках третьего этапа предлагаемой методики анализа резервов производственной мощности в части их сбалансированности необходимо определить очередность «расшивки» узких мест путем расположения коэффициента уровня сопряженности производственных мощностей звеньев металлургического производства в порядке убывания. Для анализируемой производственной системы первоочередной расшивке подлежат следующие звенья: машина непрерывного литья слэбов (МНЛС), агломерационный цех, листопрокатный цех горячей прокатки (ЛПЦ-1), сортовой цех и листопрокатный цех холодной прокатки (ЛПЦ-2).

В условиях реального металлургического предприятия полученные на основе математической модели потенциальные решения должны быть проанализированы более детально с технической и экономической точек зрения, так как возможные риски могут превысить потенциальные эффекты от их реализации.

На заключительном (четвертом) этапе предлагаемой методики анализа резервов производственной мощности в части их сбалансированности проработанные варианты «расшивки» узких мест закладываются в модель, и выполняется пересчет (моделирование) интегрального коэффициента сопряженности, после чего делается вывод о сбалансированности производственной системы в целом. Иными словами, предлагаемый подход ориентирован на реализацию инструментария скользящего планирования с элементами моделирования всех возможных вариантов «расшивки» узких мест производственной системы, что позволит комплексно подойти к решению проблемы и является принципиальным с точки зрения организации стратегического управления производственными мощностями. Кроме того, указанный подход допускает наличие нескольких узких звеньев в производственной системе и позволяет учитывать влияние ассортиментных сдвигов в структуре выпускаемой продукции в явном виде.

В рамках настоящего исследования выполнен анализ существующих подходов к поиску резервов производственной мощности предприятий черной металлургии. Условно все резервы производственных мощностей предложено разделить на две группы: резервы использования существующих мощностей и резервы их развития. В первом случае речь идет о мероприятиях организационного уровня (оптимизация графика рабочих смен, выравнивание времени работы оборудования и т.д.), а во втором – стратегического.

Как показал анализ теории и практики функционирования промышленных предприятий, вопрос резервов использования существующих мощностей является достаточно решенным и реализуется в автоматизированных системах типа ERP, при этом вопрос оценки резервов развития производственной мощности за счет устранения диспропорций производства имеет много нерешенных методических проблем и требует проведения дальнейшего изучения и проработки.

Существующие методы поиска резервов диспропорции производства основываются на расчете коэффициента сопряженности всех звеньев производственной системы по отношению к узкому звену. Для предприятий черной металлургии указанный подход имеет существенные ограничения, в частности не позволяет оценить сбалансированность производственной системы в целом, не учитывает тот факт, что узких звеньев может быть несколько, а также что они могут быть «плавающими» при различных ассортиментных структурах выпускаемой продукции. Для преодоления ограничений существующей методики оценки сопряженности звеньев производственной системы лучше всего подходит инструментальный графо-матричного моделирования. Указанные графо-матричные модели позволяют

адекватно оценить степень сбалансированности (пропорциональности) звеньев между собой и производственной системы в целом через интегральный коэффициент уровня сопряженности, выявить узкие места в производственном процессе, а также оценить очередность их расшивки исходя из значения коэффициента сопряженности каждого звена производственной системы с учетом доли основного капитала, вложенного в его оборудование.

Предложенный подход к поиску резервов увеличения производственной мощности за счет повышения сбалансированности производственной системы позволит повысить качество стратегического управления производственными мощностями современных предприятий черной металлургии.

Таблица 1**Матрица ограничений производственных мощностей звеньев предприятия черной металлургии (временной период – месяц)****Table 1****Matrix of limitations of production capacities of iron and steel enterprise's units (time period – a month)**

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
2	∞	92 000	∞	∞	∞	∞	∞	∞
3	∞	∞	25 0000	∞	∞	∞	∞	∞
4	∞	∞	∞	95 000	∞	∞	∞	∞
5	∞	∞	∞	∞	230 000	∞	∞	∞
6	∞	∞	∞	∞	∞	83 000	83 000	83 000
7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
8	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
9	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
10	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

Продолжение таблицы

№ п/п	9	10	11	12	13	14	15	16
1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
3	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
4	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
5	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
6	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
7	155 000	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
8	∞	75 000	75 000	75 000	∞	∞	∞	∞
9	∞	∞	∞	∞	155 000	155 000	∞	∞
10	∞	∞	∞	∞	∞	∞	143 000	143 000

Примечание. По строкам отражены номера производственных звеньев, по столбцам – номера продуктов. Знак ∞ соответствует бесконечно большому значению. В данном случае подразумевается, что производственная мощность звена не ограничена по тем продуктам, где в матрице стоит знак ∞, так как указанное звено их не выпускает, следовательно, оно не учитывается в расчете производственной мощности системы в целом, то есть не ограничивает ее по этим продуктам.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2**Вектор сквозных расходных коэффициентов i -го продукта на конечный вид продукции, у.а.т.****Table 2****Vector of end-to-end consumption coefficients of the i -th product for the final product type, conditional product-range tonne**

Номер полуфабриката/продукта	Значение сквозного расходного коэффициента
1	0,88
2	0,27
3	0,92
4	0,36
5	0,77
6	0,11
7	0,12
8	0,11
9	0,74
10	0,11
11	0,12
12	0,1
13	0,39
14	0,31
15	0,35
16	0,28

Источник: авторская разработка*Source:* Authoring

Таблица 3

Характеристики производственных звеньев металлургического предприятия с полным циклом (временной период – месяц)

Table 3

Characteristics of production units of an iron and steel plant of full cycle (time period – a month)

Номер и название производственного звена	Значение производственной мощности, у.а.т.	Коэффициент сопряженности (индивидуальный)	Коэффициент сопряженности (индивидуальный) с учетом доли основного капитала, вложенного в звено
№ 1. Агломерационный цех	221 914,21	0,94	0,03
№ 2. Коксохимическое производство	334 695,99	0,62	0,01
№ 3. Доменный цех	272 850	0,76	0,11
№ 4. Мартеновский цех	263 146,96	0,79	0,05
№ 5. Электросталеплавильный цех	300 274,55	0,69	0,03
№ 6. Машина непрерывного литья заготовки (МНЛЗ)	236 804,56	0,88	0,13
№ 7. Машина непрерывного литья слабов (МНЛС)	208 429,7	1	0,05
№ 8. Сортовой цех	227 272,72	0,92	0,16
№ 9. Листопрокатный цех горячей прокатки (ЛПЦ-1)	221 834,21	0,94	0,14
№ 10. Листопрокатный цех холодной прокатки (ЛПЦ-2)	226 984,12	0,92	0,17
Итого...	208 429,7 <i>(производственная мощность системы в целом)</i>	–	0,878 <i>(интегральный коэффициент сопряженности)</i>

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4

Анализ диспропорций производственных мощностей и оценка очередности «расшивки» производственных звеньев системы для целей стратегического планирования

Table 4

Analysis of production capacity imbalances and assessment of the order of "expansion" of production units of the system for strategic planning purposes

№ звена	Доля основного капитала	Пропускная способность, у.а.т.	Резервные мощности, у.а.т.	Коэффициент сопряженности (индивидуальный)	Интегральный коэффициент сопряженности	Очередность «расшивки»
7	0,05	208 429,7	–	1	0,05	1
1	0,03	221 914,21	13 484,51	0,94	0,03	2
9	0,15	221 834,21	13 404,51	0,94	0,14	2
8	0,17	227 272,72	18 843,02	0,92	0,16	3
10	0,19	226 984,12	18 554,42	0,92	0,17	3
6	0,15	236 804,56	28 374,86	0,88	0,13	4
4	0,06	263 146,96	54 717,25	0,79	0,05	5
3	0,15	272 850	64 420,29	0,76	0,11	6
5	0,04	300 274,55	91 844,84	0,69	0,03	7
2	0,01	334 695,99	126 266,29	0,62	0,01	8

Источник: авторская разработка

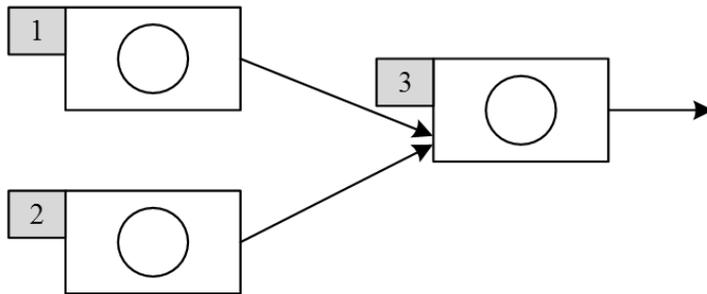
Source: Authoring

Рисунок 1

Пример сходящейся структуры производственной системы

Figure 1

An example of a converging structure of a production system



Источник: авторская разработка

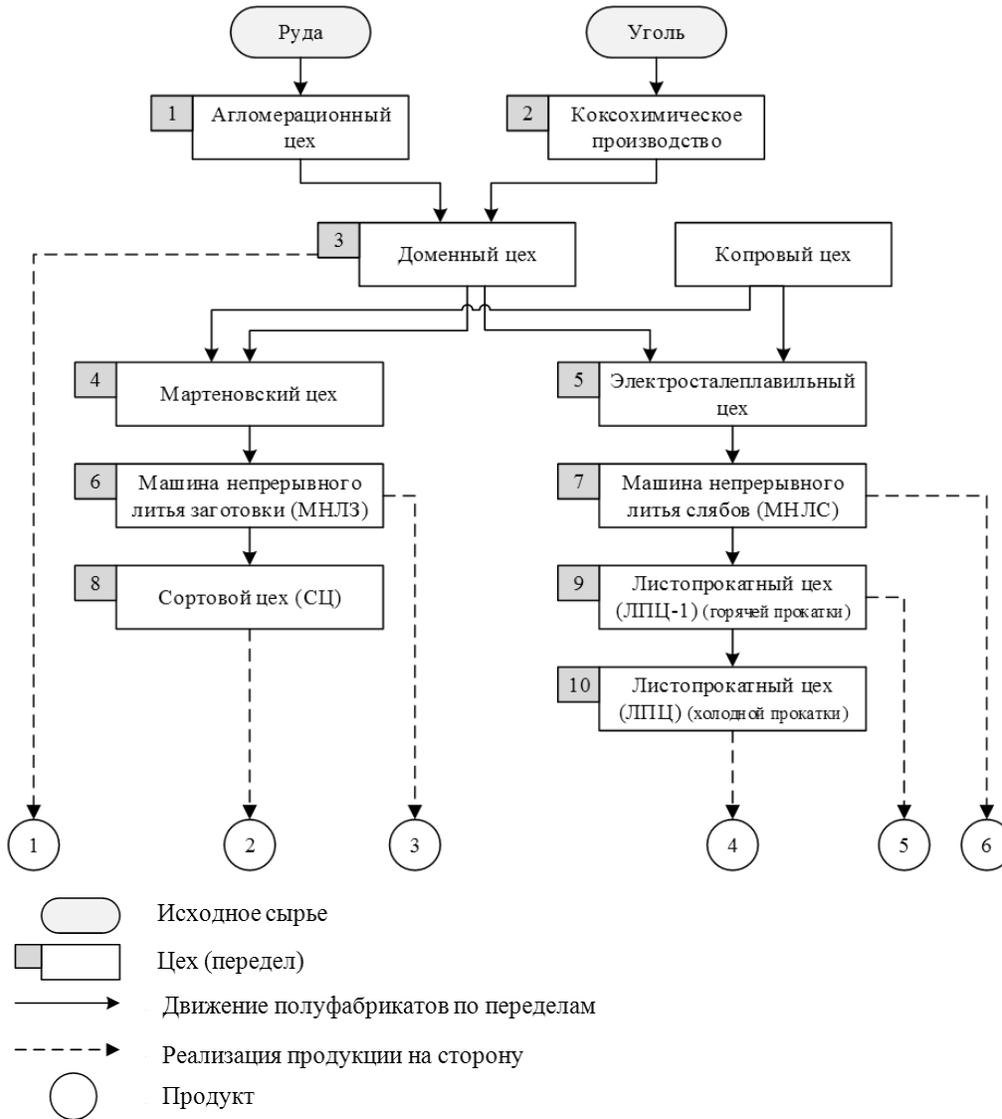
Source: Authoring

Рисунок 2

Производственная система типового предприятия черной металлургии полного цикла

Figure 2

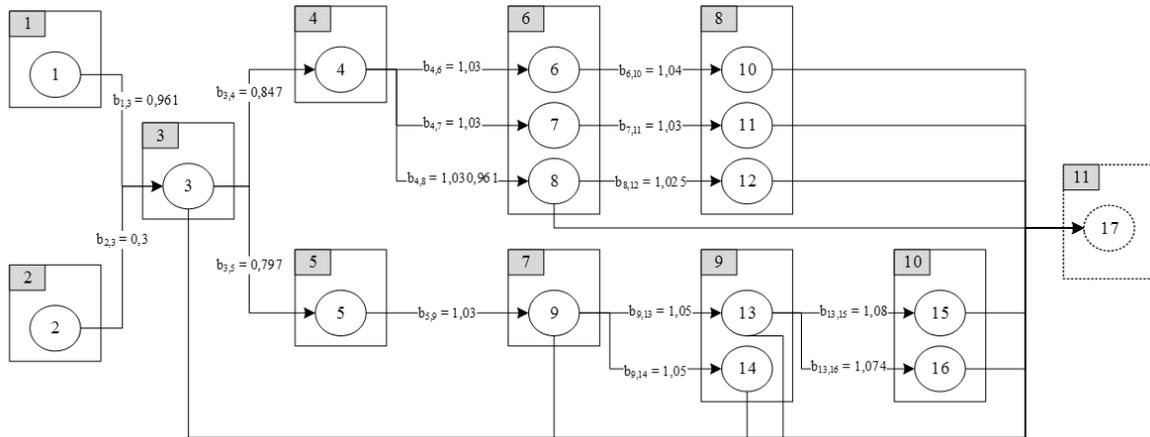
The production system of a standard full-cycle iron and steel enterprise



Примечание. 1 – чугун (полуфабрикат для реализации на сторону); 2 – сортовой прокат (уголок, швеллер, круг, двутавр, арматура, катанка и др.); 3 – непрерывнолитая заготовка (полуфабрикат для реализации на сторону); 4 – холоднокатаный стальной лист; 5 – горячекатаный стальной лист; 6 – непрерывнолитые слэбы (полуфабрикат для реализации на сторону).

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 3**Графовая модель предприятия черной металлургии полного цикла****Figure 3****A graph model of a full-cycle iron and steel enterprise**

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Шайбакова Л.Ф., Новоселов С.В. Тенденции, особенности и проблемы развития черной металлургии России // *Управленец*. 2017. № 5. С. 40–49.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-osobennosti-i-problemy-razvitiya-chnoy-metallurgii-rossii>
2. Чурсина Ю.А., Лыскова Л.Н. Особенности финансового анализа на предприятиях черной металлургии // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*. 2014. № 4. С. 128–140. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-finansovogo-analiza-na-predpriyatiyah-chnoy-metallurgii>
3. Половкина Э.А. Исследование производительности труда как фактора повышения эффективности общественного производства // *Казанский экономический вестник*. 2014. № 1. С. 32–35.
URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F1262773594/_1.2014.pdf
4. Путятин Л.М., Тарасова Н.В., Богатов Ю.М. Управление производственной мощностью предприятия на основе математического программирования // *Вестник университета (Государственный университет управления)*. 2017. № 1. С. 165–168. URL: <https://vestnik.guu.ru/jour/article/view/572>
5. Семушкина Е.А., Шишкарев Н.И. Сущность и структура производственных мощностей предприятия // *Наука и образование сегодня*. 2017. № 10. С. 32–36.

- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-struktura-proizvodstvennyh-moschnostey-predpriyatiya>
6. Руденко А.А., Егорова-Екимкова И.И. О методике и стандартах по обеспечению эффективности управления резервами промышленных предприятий в условиях глобализации экономики // *Экономический анализ: теория и практика*. 2015. № 39. С. 13–20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-metodike-i-standartah-po-obespecheniyu-effektivnosti-upravleniya-rezervami-promyshlennyh-predpriyatiy-v-usloviyah-globalizatsii>
 7. Понкратова Т.А., Секлецова О.В. Оценка резервов производственных мощностей предприятий // *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2019. Т. 9. № 10-1. С. 520–527. URL: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2019-10/63-ponkratova-sekletsova.pdf>
 8. Кривякин К.С. Механизм организации использования резервов производственной мощности предприятия // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. 2010. № 2. С. 105–108. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizm-organizatsii-ispolzovaniya-rezervov-proizvodstvennoy-moschnosti-predpriyatiya>
 9. Баранов И.В., Шинкарева Л.И. Обоснование резервов производственных мощностей промышленных предприятий // *Известия Юго-Западного государственного университета. Сер.: Экономика. Социология. Менеджмент*. 2014. № 4. С. 77–81. URL: https://swsu.ru/izvestiya/serieconom/archiv/4_2014.pdf
 10. Van Mieghem J.A. Commissioned Paper: Capacity Management, Investment, and Hedging: Review and Recent Developments. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2003, vol. 5, iss. 4, pp. 269–302. URL: <https://doi.org/10.1287/msom.5.4.269.24882>
 11. Abu Jadayil Wisam et al. Different strategies to improve the production to reach the optimum capacity in plastic company. *Cogent Engineering*, 2017, vol. 4, iss. 1. URL: <https://doi.org/10.1080/23311916.2017.1389831>
 12. Tong Zhao, Zhijie Song, Tianjiao Li. Effect of innovation capacity, production capacity and vertical specialization on innovation performance in China's electronic manufacturing: Analysis from the supply and demand sides. *PLoS ONE*, 2018, vol. 13, iss. 7. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200642>
 13. Holtewert P., Bauernhansl T. Increase of Capacity Flexibility in Manufacturing Systems by Substitution of Product Functions. *Procedia CIRP*, 2016, vol. 57, pp. 92–97. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.017>

14. *Carvalho A.N., Scavarda L.F., Oliveira F.* An optimisation approach for capacity planning: Modelling insights and empirical findings from a tactical perspective. *Produção (Production)*, 2017, vol. 27, no. e20170014.
URL: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.001417>
15. *Маниловский П.Г., Калинина В.Н.* Производственные мощности в промышленности (статистические и математические методы изучения). М.: Статистика, 1977. 191 с.
16. *Данилов Г.В., Войнова Е.С., Рыжова И.Г.* Моделирование влияния ассортимента продукции на основные показатели предприятия // *Экономический анализ: теория и практика*. 2012. № 15. С. 40–46.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-vliyaniya-assortimenta-produktsii-na-osnovnye-pokazateli-predpriyatiya-1>
17. *Данилов Г.В., Рыжова И.Г., Войнова Е.С.* Анализ структуры и оценка пропорциональности производственных мощностей предприятия // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2012. № 1. С. 79–82. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-struktury-i-otsenka-proportsionalnosti-proizvodstvennyh-moschnostey-predpriyatiya>

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

APPLYING GRAPH-MATRIX MODELS IN THE STRATEGIC ANALYSIS OF PRODUCTION CAPACITY OF IRON AND STEEL ENTERPRISES

Evgeniya S. ZAMBRZHITSKAYA

Nosov Magnitogorsk State Technical University (NMSTU),
Magnitogorsk, Russian Federation
jenia-v@yandex.ru
ORCID: not available

Article history:

Article No. 350/2021
Received 17 June 2021
Received in revised form
30 June 2021
Accepted 12 July 2021
Available online
30 August 2021

JEL classification: C61,
D24, G31, L25, M11

Keywords: production
capacity, iron and steel
industry, strategic
management, production
unit, connectivity

Abstract

Subject. The article addresses the development of a methodology for seeking reserves to increase production capacity through the enhanced balance of production system and bringing the latter to practical use at iron and steel enterprises.

Objectives. The purpose is to design a methodology to search for reserves to enhance production capacity of industrial enterprises at the strategic level, using the graph-matrix models of integrated steel works.

Methods. The study draws on methods of analysis and synthesis, principles of consistency and complexity, the graph theory, and matrix calculus.

Results. The paper offers a method for assessing and analyzing reserves to increase production capacity through enhancing the balance of the production system.

Conclusions. If used, the presented approach will help improve the quality of strategic management of production facilities in the iron and steel industry, and, as a result, the profitability and competitiveness of ironworks.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2021

Please cite this article as: Zambrzhitskaya E.S. Applying Graph-Matrix Models in the Strategic Analysis of Production Capacity of Iron and Steel Enterprises. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2021, vol. 20, iss. 8, pp. 1495–1515.
<https://doi.org/10.24891/ea.20.8.1495>

References

1. Shaibakova L.F., Novoselov S.V. [Development of ferrous metallurgy in Russia: Trends, special features and problems]. *Upravlenets = The Manager*, 2017, no. 5, pp. 40–49. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-osobennosti-i-problemy-razvitiya-chernoy-metallurgii-rossii> (In Russ.)
2. Chursina Yu.A., Lyskova L.N. [Specificity of Financial Analysis at Ironworks]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Sotsial'no-ekonomicheskie nauki = PNRPU Sociology and Economics Bulletin*, 2014, no. 4, pp. 128–140. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-finansovogo-analiza-na-predpriyatiyah-chernoy-metallurgii> (In Russ.)

3. Polovkina E.A. [The research of labour productivity as a factor of increasing the efficiency of public production]. *Kazanskii ekonomicheskii vestnik = Kazan Economic Vestnik*, 2014, no. 1, pp. 32–35.
URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F1262773594/_1.2014.pdf (In Russ.)
4. Putyatina L.M., Tarasova N.V., Bogatov Yu.M. [Management of the production capacity of the enterprise on the basis of methods of mathematical programming]. *Vestnik universiteta (Gosudarstvennyi universitet upravleniya)*, 2017, no. 1, pp. 165–168. URL: <https://vestnik.guu.ru/jour/article/view/572> (In Russ.)
5. Semushkina E.A., Shishkarev N.I. [The essence and structure of the production capacity of the enterprise]. *Nauka i obrazovanie segodnya*, 2017, no. 10, pp. 32–36.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-struktura-proizvodstvennyh-moschnostey-predpriyatiya> (In Russ.)
6. Rudenko A.A., Egorova-Ekimkova I.I. [On methodology and standards to ensure the efficient management of industrial enterprises' reserves under economic globalization]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2015, no. 39, pp. 13–20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-metodike-i-standartah-po-obespecheniyu-effektivnosti-upravleniya-rezervami-promyshlennyh-predpriyatiy-v-usloviyah-globalizatsii> (In Russ.)
7. Ponkratova T.A., Sekletsova O.V. [Estimation of the reserves of production capacities of enterprises]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra = Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*, 2019, vol. 9, no. 10-1, pp. 520–527.
URL: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2019-10/63-ponkratova-sekletsova.pdf> (In Russ.)
8. Krivyakin K.S. [The mechanism for organizing the use of reserves of the production capacity of the enterprise]. *Nauchno-tekhнические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки = Saint-Petersburg State Polytechnic University Journal. Economics*, 2010, no. 2, pp. 105–108. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizm-organizatsii-ispolzovaniya-rezervov-proizvodstvennoy-moschnosti-predpriyatiya> (In Russ.)
9. Baranov I.V., Shinkareva L.I. [Rationale reserves of production capacities of industrial enterprises]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment = Proceedings of the Southwest State University. Economy. Sociology. Management*, 2014, no. 4, pp. 77–81.
URL: https://swsu.ru/izvestiya/serieconom/archiv/4_2014.pdf (In Russ.)
10. Van Mieghem J.A. Commissioned Paper: Capacity Management, Investment, and Hedging: Review and Recent Developments. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2003, vol. 5, iss. 4, pp. 269–302.
URL: <https://doi.org/10.1287/msom.5.4.269.24882>

11. Abu Jadayil Wisam et al. Different strategies to improve the production to reach the optimum capacity in plastic company. *Cogent Engineering*, 2017, vol. 4, iss. 1. URL: <https://doi.org/10.1080/23311916.2017.1389831>
12. Tong Zhao, Zhijie Song, Tianjiao Li. Effect of innovation capacity, production capacity and vertical specialization on innovation performance in China's electronic manufacturing: Analysis from the supply and demand sides. *PLoS ONE*, 2018, vol. 13, iss. 7. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200642>
13. Holtewert P., Bauernhansl T. Increase of Capacity Flexibility in Manufacturing Systems by Substitution of Product Functions. *Procedia CIRP*, 2016, vol. 57, pp. 92–97. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.017>
14. Carvalho A.N., Scavarda L.F., Oliveira F. An optimisation approach for capacity planning: Modelling insights and empirical findings from a tactical perspective. *Produção (Production)*, 2017, vol. 27, no. e20170014. URL: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.001417>
15. Manilovskii R.G., Kalinina V.N. *Proizvodstvennye moshchnosti v promyshlennosti (statisticheskie i matematicheskie metody izucheniya)* [Production capacities in industry (statistical and mathematical methods of study)]. Moscow, Statistika Publ., 1977, 191 p.
16. Danilov G.V., Voinova E.S., Ryzhova I.G. [Modeling of the influence of range of products on the basic indices of the enterprise]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2012, no. 15, pp. 40–46. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-vliyaniya-assortimenta-produktsii-na-osnovnye-pokazateli-predpriyatiya-1> (In Russ.)
17. Danilov G.V., Ryzhova I.G., Voinova E.S. [Structure analysis and value estimation of production capacity proportionality of enterprise]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova = Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2012, no. 1, pp. 79–82. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-struktury-i-otsenka-proporsionalnosti-proizvodstvennyh-moschnostey-predpriyatiya> (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.