

А.Н. Савельев, Н.А. Поплавская

Сибирский государственный индустриальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВХОДНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ КОМБИНАТА

Формирование сложных по структуре искусственных технических образований, таких как металлургические комплексы, имеет свои продиктованные рациональным сочетанием количественно-качественных характеристик входящих в них элементов закономерности. Выявление этих закономерностей чрезвычайно важна как с теоретической, так и с практической точек зрения задача. Особенности ее решения связаны с тем, что такие закономерности проявляются не сразу после создания этих структур, а через достаточно большой промежуток времени, связанный с их доработкой до работоспособного состояния. Этот период охватывает десятилетия постоянного совершенствования структуры таких систем до момента, когда система начинает работать в достаточной степени устойчиво. Это означает, что закономерность строения структуры применительно к условиям, в которых она рассматривается, в большей степени реализована. В этот момент появляется возможность выявить эту закономерность и зафиксировать ее особенности с целью использовать в формировании последующих аналогичных технических систем большой сложности.

Одним из видов сложных технических систем большой сложности являются металлургические комбинаты с полным циклом переработки минерального сырья в готовую продукцию. Металлургические комбинаты, как целое, связаны с внешним миром техническими средствами транспортировки, разгрузки и складирования исходных материалов, готовой продукции и средств обеспечения работоспособного состояния оборудования комбината. В настоящей работе рассматривается рациональный набор тех или иных видов оборудования, необходимого для приема и размещения исходных материалов на комбинате черной металлургии при его стабильной работе. В качестве объекта исследования выбран Западно-Сибирский металлургический комбинат АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Комбинат был построен в 60 – 70 годы двадцатого века и

за время существования доведен до высокого уровня его работоспособности. Устойчивая работа оборудования комбината позволяет считать, что количественно-качественные характеристики его структуры близки к рациональному уровню. Это значит, что выявление количественно-качественных связей в формировании структуры используемого на комбинате оборудования будет являться закономерным и может быть использовано для создания сложных технических систем аналогичного типа.

Анализ оборудования, обрабатывающего грузопотоки комбината как сложной технической системы, требует, прежде всего, выполнение его декомпозиции, а значит декомпозиции материалов, которые обрабатываются этим оборудованием. Комбинат, как самодостаточная техническая система, состоит из средств производства, позволяющих выделять энергию природы, передавать ее исполнительным агрегатам и реализовывать в полезную работу, воздействуя при этом на предмет труда. Это значит, что на комбинат должны быть доставлены носители энергии природы в виде угля, продуктов нефти и газа. Объем этих продуктов составляет 8891 тыс. т в год. Кроме этого, комбинат должен завезти расходные материалы (элементы оборудования, строительные материалы, масла и т.д.) объемом 1750 тыс. т в год, а также сырье для производства продукции объемом 12470,58 тыс. т в год. Исходные материалы в сумме составляют внушительный объем (23111,58 тыс. т в год) и требуют значительного количества тяжелого, принимающего грузы на комбинат, оборудования. Весь объем оборудования в целом представляет собой сложную техническую систему, которая может быть разделена на значительное количество уровней сложности. Для выявления особенностей формирования такой системы на двух из существующих уровней сложности используем методологию теории формирования сложных технических и социально-технических систем [1 – 7].

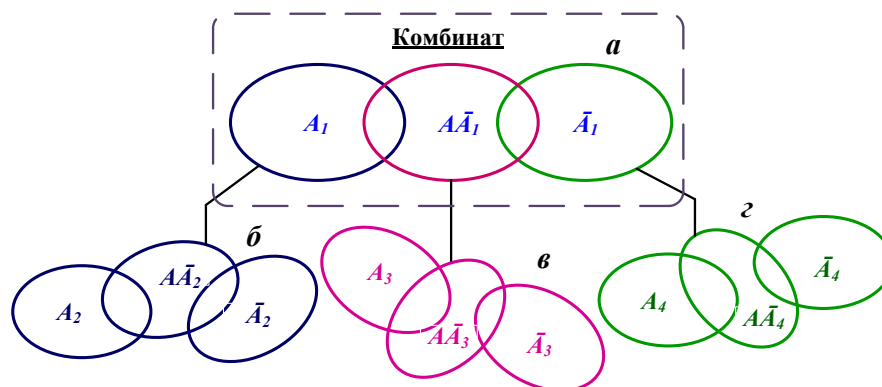


Рис. 1. Структура материалов, поступающих на металлургический комбинат, соответствующая структуре оборудования, обрабатывающего эти материалы:

A_1 – материалы – носители энергии природы; оборудование, принимающее их на комбинат; $\bar{A}_1$ – сырье и оборудование, разгружающее это сырье; AA_1 – материалы, обеспечивающие работоспособность всех объектов комбината и соответственно оборудование, используемое для их разгрузки и складирования

Выразим поток всех вышеперечисленных материалов на комбинат и соответственно всех видов обрабатывающего его оборудования в виде модели (рис. 1, а). В основе этой и последующих моделей лежит представление о сложной системе как системе, состоящей из различных, в том числе и диалектически противоположных по свойствам элементов, то или иное количественное сочетание которых обеспечивает уникальные, не присущие ни одному из составляющих систему элементов свойства [3]. Из приведенного определения следует, что весь объем материала и соответственно весь набор оборудования, обрабатывающего его, должен быть скомпонован в три указанные на рис. 1, а группы. Группа A_1 – это группа оборудования, нацеленная на разгрузку и складирование на комбинате топлива. Группа оборудования $\bar{A}_1$ предназначена для разгрузки исходного для производства металлургической продукции сырья. Набор видов оборудования AA_1 нацелен на обработку материалов, предназначенных для обеспечения работоспособности комбината.

На рис. 2, а показан количественный состав поступающих материалов на комбинат в тоннах в год. Рис. 2, б демонстрирует количественный состав оборудования, используемого для обработки материалов, показанных на рис. 2, а. Далее, используя данные рис. 2, а, 2, б, определялась усредненная производительность всех входящих в ту или иную нишу A_1 агрегатов. Для того, чтобы полученные данные могли быть использованы в других аналогичных случаях, выполняли операцию нормирования показателей производительности и количества оборудования и построили в относительных единицах диаграмму количественно-качественной связи показателей используемого оборудования, а именно связи между производительностью и количеством

того или иного вида используемого оборудования (рис. 2, в).

Каждая из составляющих групп общего объема доставляемых на комбинат материалов в свою очередь также является сложной системой и может быть разделена на три вида более низкого по сложности уровня (рис. 1, б, в, г). При декомпозиции оборудования для приема энергоносителей, поступающих на комбинат, хорошо выделяется оборудование A_2 для твердых источников энергии, которое составляет объем массой 5 385,6 тыс. т в год. Эти источники энергии приходят в вагонах и разгружаются двумя вагоноопрокидывателями (рис. 2, д). Оборудование для доставки на комбинат твердых источников энергии резко отличается от оборудования для обеспечения доставки газообразного топлива, что позволяет выделить его в отдельный вид $\bar{A}_2$.

Объем газообразных продуктов в тоннах условного топлива составляет 3 462 тыс. т в год, принимается это топливо тремя газовыми подстанциями. Жидкообразные источники энергии AA_2 в годовом объеме составляют 43,4 тыс. т. Для обработки этого вида грузов комбинат эксплуатирует четыре насосных станции. Объемы этих материалов в тоннах условного топлива представлены на гистограмме рис. 2, г; количество агрегатов, используемых для приема топлива на комбинат, дано на гистограмме рис. 2, д. Пронормированные отношения средней производительности каждой из групп оборудования и количества оборудования показаны на рис. 2, е. В результате рис. 2, е демонстрирует связь средней производительности используемого оборудования с их количеством в относительных единицах, что представляет характеристику системы обеспечения комбината энергоресурсами.

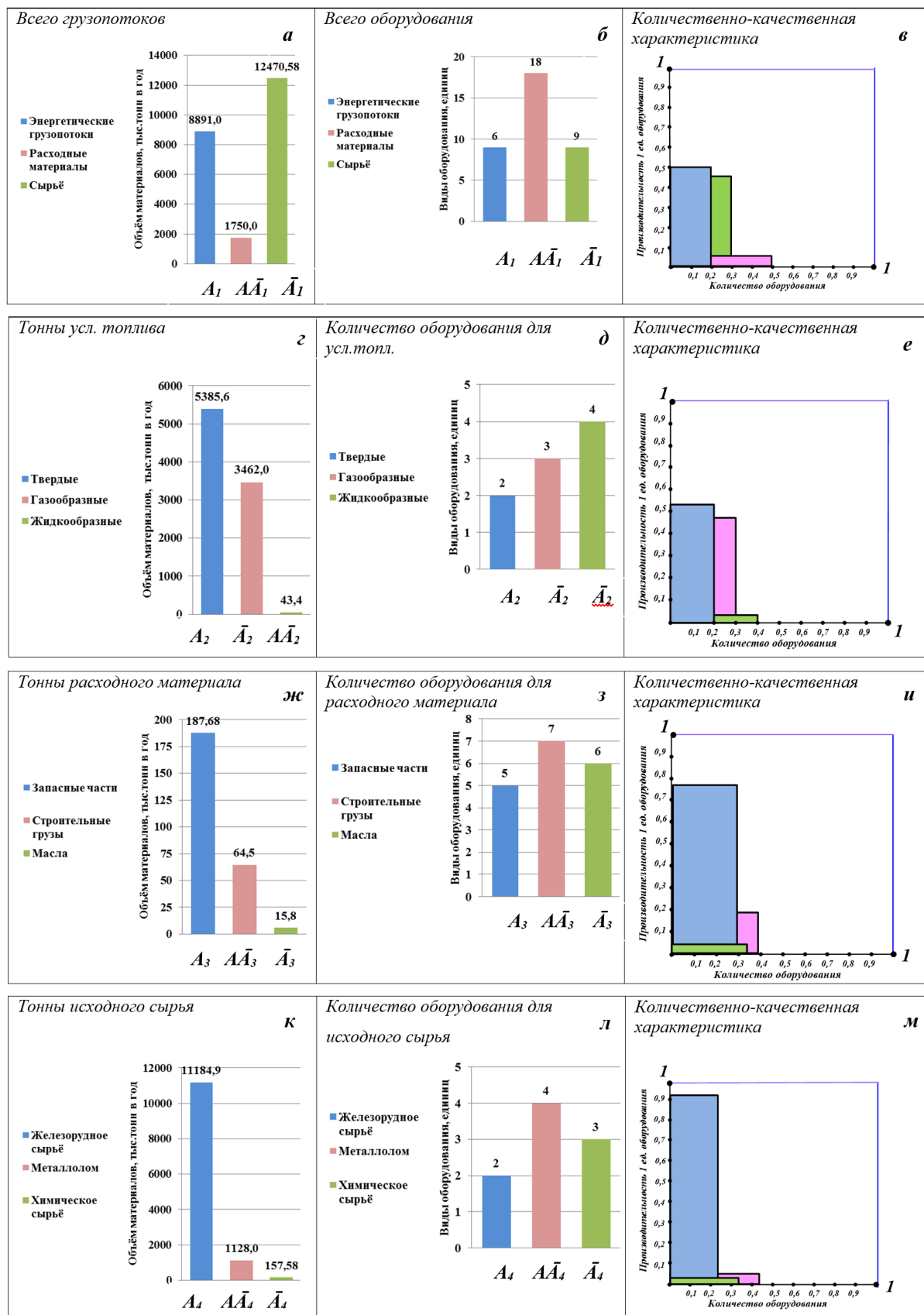


Рис. 2. Количественно-качественный состав материалов и оборудования, используемых комбинатом:

а, б, в – всего грузопотока; з, д, е – для условного топлива; ж, з, и – для расходных материалов;

к, л, м – для исходного сырья

Аналогичным образом выполняется оценка объемов текущих расходных материалов, ис-

пользуемых для обеспечения работы основных средств производства комбината, для чего в цеха

доставляются расходные материалы объемом, представленным на гистограмме (рис. 2, *ж*). Эти расходные материалы необходимы для содержания основных средств производства комбината в работоспособном состоянии. Расходные материалы A_3 в виде запасных частей к оборудованию, агрегатов машин, подшипниковых узлов, фильтров, сменного оборудования для ремонтно-восстановительных работ и т.д. составляют 187,68 тыс. т в год (рис. 2, *ж*). Материалы $\bar{A}_3$ в виде масел, жидкостей, различных технологических добавок и т.д. составляют 15,8 тыс. т в год (рис. 2, *ж*). Ремонт технологических зданий и сооружений, дорог и т.д. требует строительных грузов $A\bar{A}_3$ в объеме 64,5 тыс. т в год. Для обработки этих грузов требуется соответствующее количество оборудования (рис. 2, *з*). Для приема жидких грузов используют насосные станции. Для выгрузки расходных материалов применяют мостовые и козловые краны, электропогрузчики, автопогрузчики, трактора и т.д. Выгрузка строительных грузов производится козловыми кранами. Количество единиц оборудования, обрабатывающего каждую из групп грузопотоков, показано на рис. 2, *з*. Распределение данных групп продуктов, приходящихся на единицу оборудования, принимающего их на комбинат, в относительных единицах показано на рис. 2, *и*. Взаимосвязь относительных величин производительности оборудования и относительных величин количества этого оборудования дает количественно-качественную характеристику компоновки данной технической системы как сложной системы, входящей составной частью в более высокий уровень сложности системы – комбинат.

Третья группа грузов, поступающих на комбинат, – это грузы, представляющие собой исходное сырье – A_4 . К ним относится, прежде всего, железорудное сырье (руда, концентраты, доломит, известняк) в объеме 11185 тыс. т в год (рис. 2, *к*), металлолом $\bar{A}_4$ в объеме 1128 тыс. т в год и химическое сырье $A\bar{A}_4$, (смола каменноугольная, бензол, серная кислота), объем которого составляет 157,58 тыс. т в год. Гистограмма объемов групп исходного сырья, поступающего на комбинат, показана на рис. 2, *к*.

Для обработки железорудного сырья используются вагоноопрокидыватели; металлолом выгружают грейферами, электромостовыми кранами с магнитной шайбой и т.д. Химическое сырье выгружается с помощью насосных станций. Часть сырья разгружается самотеком в соответствующие химические хранилища. Количественный состав оборудования, используемого для этих целей, показан на гистограмме (рис. 2, *л*). При пересчете гистограмм, изображенных на рис.

2, *к* и 2, *л*, были получены величины средней производительности агрегатов в каждой группе оборудования. Пронормированные значения средней производительности и количества агрегатов сопоставлены между собой, получена взаимосвязь производительности агрегатов и их количества в относительных единицах (рис. 2, *м*).

При практическом применении закономерностей грузопотоков материалов и требуемого для их обработки оборудования не достаточно иметь относительные величины взаимосвязи между грузопотоками и количественным составом оборудования, обрабатывающего их. Необходимо иметь взаимосвязь между составляющими объема грузов, завозимых на комбинат, и основным показателем работы комбината – объемом выпускаемой продукции. Эту взаимосвязь удобней всего иметь в виде относительных величин.

Для получения относительных составляющих процесса обработки исходных материалов отнесем объем исходных материалов в абсолютных величинах к объему выпускаемой из них продукции. Комбинат из поступающих (исходных) материалов производит 6195,24 тыс. т в год готовой продукции. Разделим на эту величину все исходные данные, представленные на рис. 2, *а*, *г*, *ж*, *к*, и получим значения требуемых объемов исходных материалов производственного процесса комбината для получения одной тонны готовой продукции (рис. 3, *а – г*). Из гистограмм следует, что в условиях Западной Сибири с резко континентальным климатом в условиях металлургического комбината с классической его компоновкой для получения одной тонны готовой продукции требуются 7,1 т условного топлива, 2,01 т исходного сырья и 0,28 т расходных материалов. Задавшись объемом выпускаемой вновь создаваемым комбинатом продукции и зная соотношения между исходными материалами и выпускаемой продукцией, а также используя соотношения между объемами того или иного вида исходной продукции, поставляемой на комбинат, и количеством оборудования, обрабатывающего его (рис. 2, *в*, *е*, *и*, *м*), можно оценить количественный состав оборудования, которым должен быть оснащен устойчиво функционирующий комбинат.

Выводы. Полученные соотношения объемов поставляемого материала и его видов и количественного состава оборудования, обрабатывающего эти материалы, позволяют формировать аналогичные сложные технические системы в черной металлургии. В силу того, что эти соотношения получены на технической системе, доведенной в течение многих лет ее эксплуатации до близкого к рациональному состоянию, можно

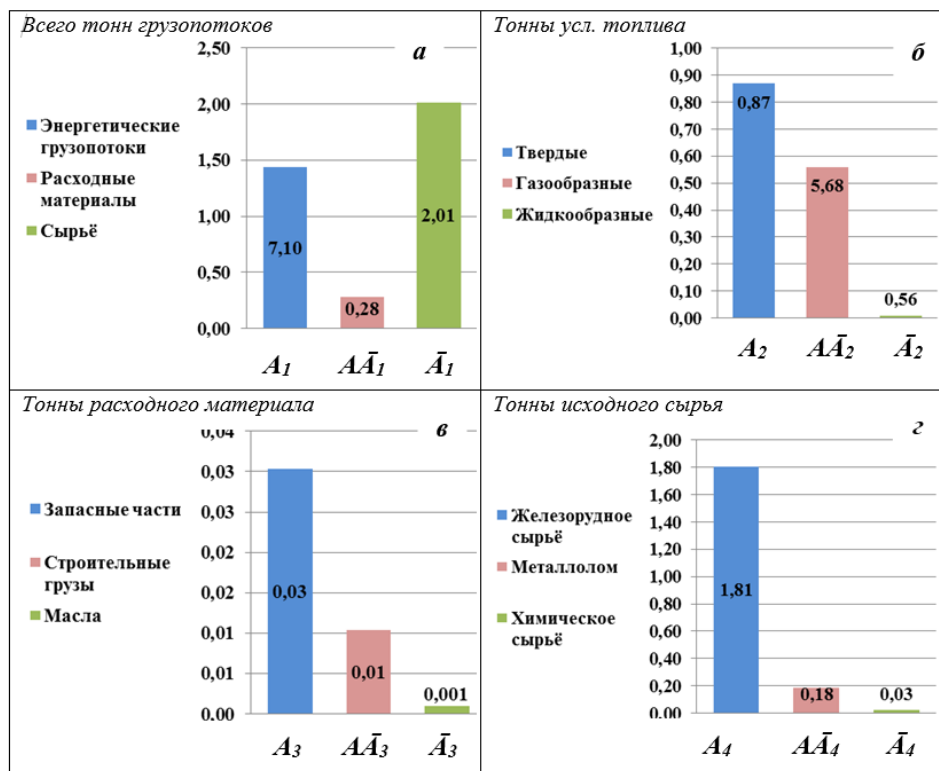


Рис. 3. Затраты исходных материалов на единицу выпускаемой продукции:

а – общие затраты энергоносителей, материалов, обеспечивающих работоспособность комбината, сырья; *б* – затраты твердых составляющих энергоносителей, жидких и газообразных составляющих; *в* – затраты расходных материалов; *г* – затраты исходного сырья

ожидать, что вновь сформированные комбинаты также будут обладать достаточно высокой степенью их структурной стабильности. В этом случае полученные знания о параметрах структуры оборудования, используемого для обработки грузопотоков поставляемых материалов на комбинат, значительно снизят затраты на доводку вновь создаваемых аналогичных сложных технических систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савельев А.И. О методологических основах проектирования надежного технологического оборудования // Изв. вуз. Черная металлургия. 1998. № 6. С. 22 – 26.
2. Савельев А.Н. Проектирование гомеостазных прокатных комплексов // Изв. вуз. Черная металлургия. 1991. № 12. С. 78 – 82.
3. Савельев А.Н. Структурные особенности устойчиво функционирующей сложной технической системы // Изв. вуз. Черная металлургия. 1996. № 12. С. 53 – 58.
4. Савельев А.Н. Математическое описание внутренних процессов формирования сложных технических систем // Изв. вуз. Черная металлургия. 1997. № 8. С. 52 – 56.
5. Савельев А.Н. Особенности формирования работоспособных технологических систем // Изв. вуз. Черная металлургия. 1998. № 8. С. 69 – 75.
6. Савельев А.Н., Тимошенков Ю.Г., Бич Т.А. Идентификация модели распределения элементов в сложной технической системе // Изв. вуз. Черная металлургия. 2004. № 6. С. 64 – 67.
7. Савельев А.Н., Тимошенков Ю.Г., Бич Т.А. Оценка показателей безотказности и ремонтотпригодности агрегатов устойчиво работающей технологической линии МНЛЗ // Изв. вуз. Черная металлургия. 2006. № 6. С. 57 – 60.

© 2018 г. А.Н. Савельев, Н.А. Поплавская
Поступила 12 ноября 2018 г.