

**МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УРАЛА**

**Гизатуллин Х.Н., Самотаев А.А., Дорошенко Ю.А.**

*Для экономической оценки эффективности металлургического комплекса Урала предложен алгоритм, в основе которого лежит представление о структурности и эшелонном устройстве рассматриваемого объекта. С помощью многомерных методов анализа выделены большая система производственно-финансовых показателей и ее подсистемы, заключительные элементы которых определяют проблемы развития металлургического комплекса. Их решение возможно с помощью полученных фактических и наилучших моделей. Обнаруженные структуры, контролируя образование и порядок расположения элементов в подсистемах, подсистем в эшелонах и эшелонов в большой системе, поддерживая синергетические отношения на всех уровнях, обеспечивают экономическую стабильность комплекса. Это позволило выявить не только общие, но и специфические стороны деятельности металлургического комплекса как в отдельных областях Урала, так и при возможной интеграции в рамках региона.*

Образование крупных промышленных объединений – ярко выраженная тенденция последних десятилетий экономических преобразований в России. Примером их является металлургический комплекс Уральского федерального округа (УрФО), включающий в себя предприятия черной и цветной металлургии, сосредоточенные главным образом на двух территориях – в Свердловской и Челябинской областях. Причем если в первой эти отрасли развиты достаточно равномерно, то в Челябинской области присутствует «крен» в сторону черной металлургии.

В целом металлургический комплекс УрФО играет одну из ведущих ролей в металлургии России. Объем производства в черной металлургии УрФО в период 1999-2003 гг. составлял 30-35% от общероссийских показателей, а в цветной металлургии в тот же период – 14,5-17% [1].

К сожалению, математического и тем более системного обоснования таких объединений на предварительном и последующих этапах в большинстве своем не проводится, несмотря на то, что финансовые потери нередко могут превышать ожидаемую выгоду. Современный арсенал методов и моделей экономики предполагает использование системного подхода к оценке состояния объекта (предприятия, региона, отрасли). Его применение позволяет оценивать не только общее состояние, но и выявлять особенности и различия, свойственные объектам в рыночной экономике, последствия образования крупных производственных комплексов.

**Материал и методика исследований.** Материалом исследования явились данные о деятельности металлургического комплекса Свердловской и Челябинской областей за 2000-2004 гг. [1].

Для оценки состояния металлургического комплекса авторами предложен математико-статистический алгоритм, основанный на структурном представлении объекта в виде пирамиды большой системы с несколькими эшелонами с выделением в ней под-

систем, отдельные элементы которых обладают выраженными системообразующими и системоразрушающими свойствами [3]. Это дает возможность производить не только оценку состояния отдельных предприятий, но и вскрывать механизмы их формирования в виде корпоративных структур, эффективность такого слияния, математическое обоснование доли участия отдельных областей в комплексном образовании, выработку наилучших сценариев данного процесса. В работе поэтапно рассматривается металлургический комплекс Свердловской и Челябинской областей, итоги их объединения в единый металлургический комплекс Урала.

**Результаты исследований.** Показатели деятельности металлургического комплекса Свердловской области образуют большую систему, в которой из 22 признаков после первой итерации, предусматривающей их отсечение, имеющих мультиколлинеарные связи с другими характеристиками, остаются базовыми 13, или 59,1%. Системообразующими свойствами обладают шесть показателей, или 46,2%. Наиболее значительными системообразующими свойствами в металлургическом комплексе обладает показатель «доля черной металлургии в производстве РФ», минимальными – «огнеупорные изделия». Индекс различия между ними составил 11,4 раза.

Системоразрушающими свойствами обладают семь характеристик – 53,8%. Максимальными свойствами в металлургическом комплексе области обладает показатель «феррохром», минимальными – показатель «проволока стальная». Индекс различия между ними составил 2,16 раза.

Степень приоритетности системообразующих свойств у металлургического комплекса Свердловской области в 5,28 раза выше системоразрушающих. Соотношение черной и цветной металлургии составило 0,62, то есть последняя превалирует в исследуемой отрасли Свердловской области.

Большая система металлургического комплекса Свердловской области представлена двухэшелонной пирамидой, объем которой составил 2,2 см<sup>3</sup> (рис. 1).

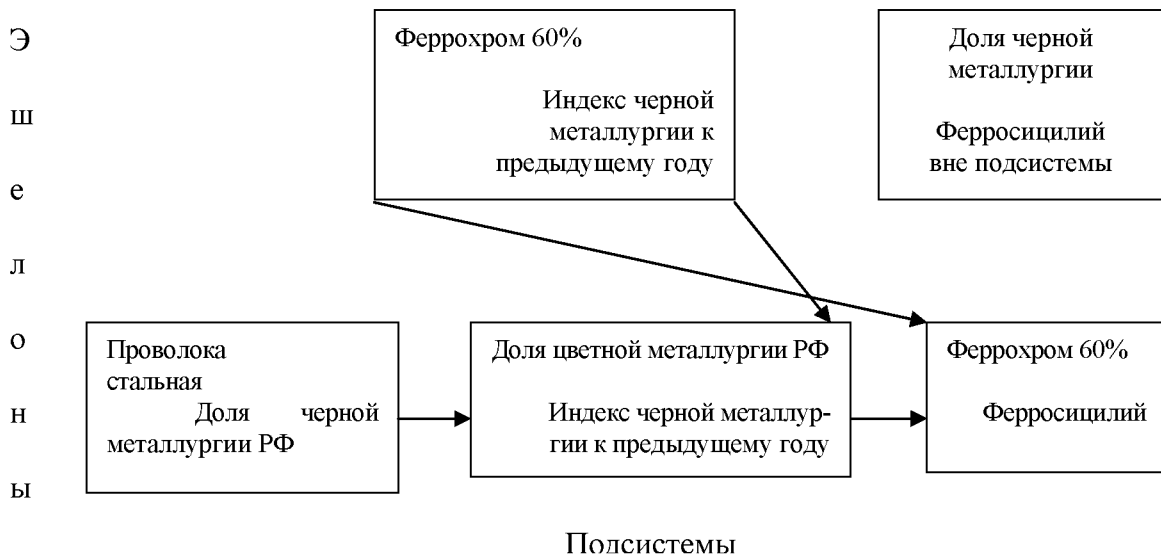


Рис. 1. Синергетические взаимоотношения подсистем металлургического комплекса Свердловской области

На первом уровне располагались три подсистемы. В первой содержится четыре элемента, элементом активизации является показатель «стальная проволока», итогом ее деятельности – «доля черной металлургии Свердловской области в производстве РФ». Индекс отношения отраслей черная / цветная металлургия – 1,0.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_1 = 299,7 - 136,6 \cdot X_7 - 0,16 \cdot X_9 + 0,02 \cdot X_8, \quad (1)$$

где  $Y_1$  – доля черной металлургии Свердловской области в производстве РФ;

$X_7$  – объем производства проволоки стальной;

$X_9$  – индекс производства цветной металлургии к предыдущему году;

$X_8$  – индекс изменения объема производства алюминиевого, магниевого и титанового проката.

В наилучшей модели из трех независимых факторов сохранился лишь один; «объем производства проволоки стальной» и «индекс производства цветной металлургии к предыдущему году» оказались математически несовершенными.

Во второй подсистеме присутствуют четыре элемента, элементом активизации является показатель «доля цветной металлургии в производстве РФ», итогом – показатель «индекс черной металлургии Свердловской области к предыдущему году». Индекс отношения отраслей черная / цветная металлургия – 0,33.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_{11} = 148,6 - 5,77 \cdot X_2 - 0,03 \cdot X_{12} + 0,38 \cdot X_{10}, \quad (2)$$

где  $Y_{11}$  – индекс производства к предыдущему году;

$X_2$  – доля черной металлургии в производстве РФ;

$X_{12}$  – индекс изменения объема производства никеля;

$X_{10}$  – индекс изменения объема производства твердых сплавов, тугоплавких и жаропрочных материалов.

В наилучшей модели из трех независимых факторов сохранилось два, «индекс изменения объема производства никеля» оказался математически несовершенным.

В третьей подсистеме присутствуют пять элементов и только черной металлургии, элементом активизации является показатель «феррохром 60%», итогом деятельности – «ферросицилий в пересчете на 45%».

При отсутствии фактической, наилучшая модель функционирования подсистемы для заключительного элемента, из которой как математически несовершенный исключен показатель «огнеупорные изделия», приняла следующий вид:

$$Y_3 = -97,2 + 3,97 \cdot X_4 + 4,9 \cdot X_5 - 0,16 \cdot X_{13}, \quad (3)$$

где  $Y_3$  – объем производства ферросицилия;

$X_4$  – объем производства ленты стальной холоднокатаной;

$X_5$  – доля области в отраслевой структуре промышленного производства;

$X_{13}$  – объем производства феррохрома 60%.

Во втором эшелоне системы из шести элементов формируется только одна подсистема, содержащая четыре элемента. Элементом активизации подсистемы выступает показатель «феррохром 60%», ее итогом является «индекс производства черной металлургии области к предыдущему году». Отношение отраслей черная / цветная металлургия – 3,0.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_{11} = -1405,2 - 0,04 \cdot X_{13} + 814,5 \cdot X_4 - 8,22 \cdot X_2, \quad (4)$$

где  $Y_{11}$  – индекс производства черной металлургии к предыдущему году;

$X_{13}$  – объем производства феррохрома;

$X_4$  – объем производства ленты стальной холоднокатаной;

$X_2$  – доля черной металлургии в производстве РФ.

В наилучшей модели из трех независимых факторов сохранилось два; показатель «феррохром» 60% оказался математически несовершенным.

Необходимо обратить внимание на следующие особенности, характеризующие металлургический комплекс Свердловской области:

- «доля черной металлургии Свердловской области в РФ» и «производство ферросицилия в пересчете на 45%» не вошли в подсистемы второго эшелона, являясь при этом заключительными элементами первой и третьей подсистем нижележащего уровня. Это свидетельство низкого уровня взаимоотношений ряда показателей черной металлургии области с другими характеристиками отрасли;

- второй эшелон пирамиды не полностью охватывает нижележащий уровень металлургического комплекса области, и в частности запускающую эшелон первую подсистему, что является недостатком, так как не позволяет контролировать деятельность первого эшелона системы, быстро и эффективно активизировать его деятельность;

- при создании наилучшей модели для заключительных элементов подсистем были исключены как математически несовершенные в первом эшелоне: «объем производства проволоки стальной» и «индекс производства цветной металлургии к предыдущему году»; «индекс изменения объема производства никеля»; объем производства «огнеупорных изделий». Во втором эшелоне таковым оказался «феррохром 60%»;

- проблемными показателями металлургического комплекса области являются заключительные элементы подсистем, представляющие исключительно черную металлургию, а именно: «доля черной металлургии области в производстве РФ» → «индекс черной металлургии к предыдущему году» → «объем производства ферросицилия в пересчете на 45%» и главная проблема: «индекс черной металлургии к предыдущему году»;

- структурное состояние подсистем производственно-экономических показателей металлургического комплекса области улучшается согласно схеме: вторая → четвертая → первая → третья.

Металлургический комплекс Челябинской области образует большую систему, в которой из 22 показателей после первой итерации остаются базовыми 18, или 81,8% (рис. 2).

Системообразующие свойства проявляют шесть признаков, или 33,3%. Максимальными свойствами обладает показатель «объем производства никеля в сравнении с прошлым годом», наиболее слабым – «индекс производства цветной металлургии области к предыдущему году». Индекс их различия составил 2,46.

На первом уровне системоразрушающими свойствами для металлургического комплекса области обладают 12 признаков, или 66,7%. В максимальной степени это осуществляет показатель «доля черной металлургии в отраслевой структуре промышленного производства области», минимальной – показатель «доля производства черной металлургии области в РФ». Индекс различия между ними составил 3,29 раза.

При этом уровень системоразрушающих свойств в 1,34 раза значительнее системобразующих. Системорганизующие свойства проявляет цветная, а разрушающие –

черная металлургия. Соотношение черной и цветной металлургии составило 1,57 – свидетельство превалирования первой отрасли над второй.

Таким образом, большая система металлургического комплекса Челябинской области проявляет стремление к разрушению, что вызвано превалированием черной металлургии над цветной.

Металлургический комплекс Челябинской области образует трехэшелонную пирамиду (рис. 2). На первом уровне располагаются четыре подсистемы. В первой содержится четыре элемента, элементом активизации выступает показатель «огнеупорные изделия», итогом деятельности – «стальные трубы». Индекс отношения отраслей черная / цветная металлургия – 3,0.

В наилучшей модели из трех независимых факторов сохранился только один, показатели «объем производства огнеупорных изделий» и «объем производства проволоки стальной» оказались математически несовершенными.

Во второй подсистеме содержится три элемента, элементом активизации является показатель «индекс объема черной металлургии к предыдущему году», заключительным – показатель «объем производства цветной металлургии». Индекс отношения отраслей черная / цветная металлургия – 2,0.

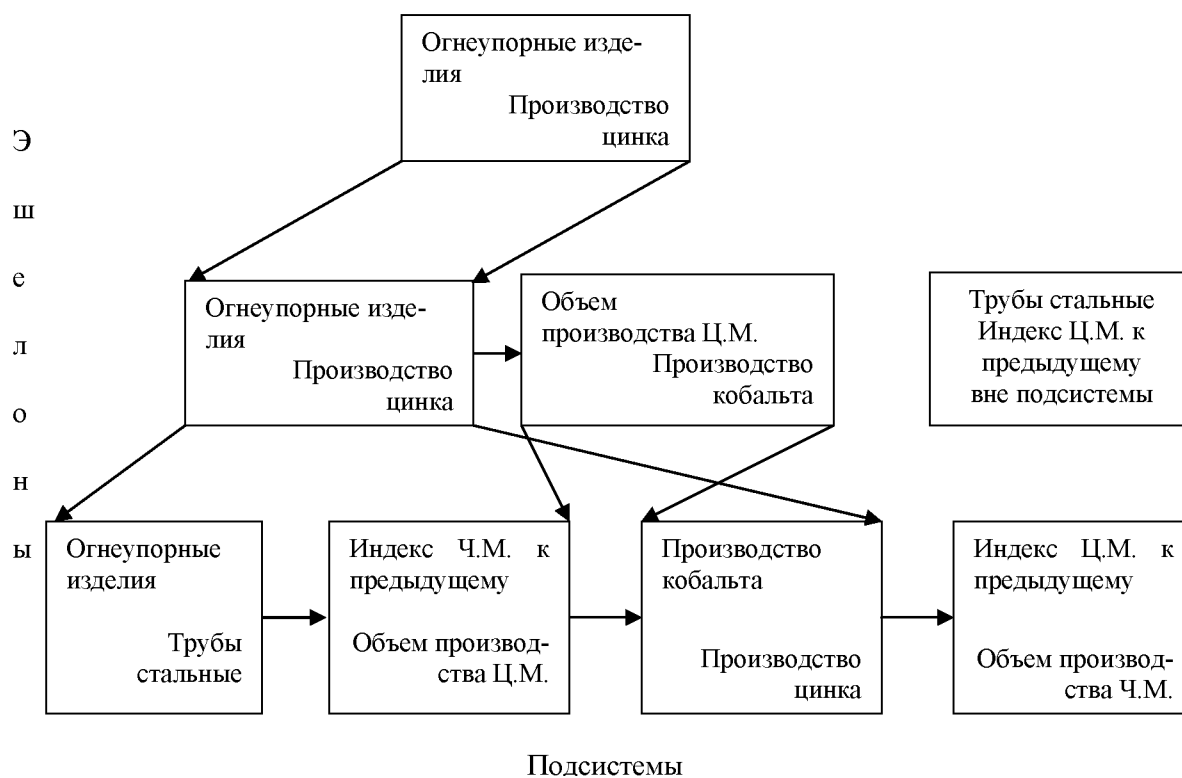


Рис. 2. Синергетические взаимоотношения подсистем металлургического комплекса Челябинской области

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_{10} = 429,8 + 1,11 \cdot X_9 - 3,49 \cdot X_1 + 3,6 \cdot X_8, \quad (5)$$

где  $Y_{10}$  – объем производства труб стальных;  
 $X_9$  – объем производства огнеупорных изделий;  
 $X_1$  – объем производства никеля;  
 $X_8$  – объем производства проволоки стальной.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_{12} = 14763,8 + 90,5 \cdot X_{13} - 5,64 \cdot X_2, \quad (6)$$

где  $Y_{12}$  – объем производства цветной металлургии;  
 $X_{13}$  – индекс объема черной металлургии к предыдущему году;  
 $X_2$  – объем производства железной руды.

В наилучшей модели функционирования подсистемы для заключительного элемента сохранились все независимые факторы.

В третьей подсистеме присутствуют четыре элементов, элементом активизации выступает показатель «изменение индекса объема производства кобальта», заключительным – показатель «изменение индекса объема производства цинка». Отношение отраслей черная / цветная металлургия – 0,33.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_3 = 240,4 - 0,02 \cdot X_5 - 0,001 \cdot X_{11} - 5,96 \cdot X_6, \quad (7)$$

где  $Y_3$  – объем производства цинка;  
 $X_5$  – объем производства кобальта;  
 $X_{11}$  – объем производства ленты стальной холоднокатаной;  
 $X_6$  – индекс производства к прошлому году.

В наилучшей модели из трех независимых факторов сохранилось два, показатель «лента стальная холоднокатаная» оказался математически несовершенным.

В четвертой подсистеме присутствуют семь элементов, ее активизация осуществляется через показатель «индекс цветной металлургии области к предыдущему году», заключительным элементом – «объем производства черной металлургии». Индекс отношения отраслей черная / цветная металлургия – 1,33.

При отсутствии фактической в наилучшей модели функционирования подсистемы для заключительного элемента, как математически несовершенные были исключены: «индекс цветной металлургии области к предыдущему году», «доля цветной металлургии области в отраслевой структуре промышленного производства» и «объем выпуска феррохрома 60%», после чего она приняла следующий вид:

$$Y_{13} = -445222 - 184236 \cdot X_{16} - 20732 \cdot X_{18} + 480,5 \cdot X_{15}, \quad (8)$$

где  $Y_{13}$  – объем производства в черной металлургии;  
 $X_{16}$  – доля цветной металлургии области к предыдущему году;  
 $X_{18}$  – доля черной металлургии в отраслевой структуре промышленного производства;

$X_{15}$  – объем производства ферросилиция в пересчете на 45%.

На втором уровне системообразующими свойствами для металлургического комплекса области обладают три признака, или 37,5%. Максимально это осуществляет показатель «индекс изменения объема производства цинка», минимально – показатель «индекс объема производства цветной металлургии области». Индекс различия между ними составил 2,14 раза.

Системоразрушающими выступают пять признаков, или 62,5%. Максимально это выполняет показатель «индекс объема производства черной металлургии области к предыдущему году», минимально – «стальные трубы». Индекс различия между ними составил 6,2 раза.

Уровень системоразрушающих свойств металлургического комплекса области в 2,9 раза значительно превышает системобразующих. И здесь системорганизуемые свойства проявляет цветная, а разрушающие – черная металлургия. Соотношение черной и цветной металлургии составило 1,0 – свидетельство равенства отраслей на втором эшелоне в металлургическом комплексе Челябинской области.

В первой подсистеме элементом активизации выступает показатель «огнеупорные изделия», итогом – показатель «индекс изменения объема производства цинка». Индекс отношения отраслей черная / цветная металлургия – 2,0.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_3 = 109.2 + 0.0012 \cdot X_9 - 0.00003 \cdot X_{14}, \quad (9)$$

где  $Y_3$  – индекс изменения объема производства цинка;  
 $X_9$  – объем производства огнеупорных изделий;  
 $X_{14}$  – объем производства в черной металлургии.

В наилучшей модели как математически некорректный удаляется независимый фактор «огнеупорные изделия».

Во второй подсистеме элементом активизации выступает показатель «объем производства цветной металлургии», ее итогом – показатель «производство кобальта». Индекс отношения отраслей черная / цветная металлургия – 0,50.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_5 = 10.47 - 0.002 \cdot X_{12} - 0.099 \cdot X_{13}, \quad (10)$$

где  $Y_5$  – индекс изменения объема производства кобальта;  
 $X_{12}$  – объем производства цветной металлургии;  
 $X_{13}$  – индекс производства черной металлургии к предыдущему году.

Наилучшую модель функционирования подсистемы для заключительного элемента построить не удалось.

В третьем эшелоне обнаружена одна подсистема, где присутствуют четыре элемента. Ее активизация осуществляется через показатель «огнеупорные изделия», а итогом является «индекс изменения объемов производства цинка». Отношение отраслей черная / цветная металлургия – 0,33.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_3 = 126.6 - 0.01 \cdot X_9 - 0.04 \cdot X_5 - 0.001 \cdot X_{12}, \quad (11)$$

где  $Y_3$  – индекс изменения объема производства цинка;  
 $X_9$  – объем производства огнеупорных изделий;  
 $X_5$  – индекс изменения объема производства кобальта;  
 $X_{12}$  – объем производства в черной металлургии.

В наилучшей модели как математически несовершенный удаляется независимый фактор «огнеупорные изделия».

Оценка синергетических взаимоотношений эшелонов металлургического комплекса Челябинской области позволяет выделить следующие особенности:

- как на первом, так и на втором эшелоне большая система металлургического комплекса области сохраняет стремление к разрушению;
- ни в одну из двух подсистем второго эшелона не вошли такие показатели, как «трубы стальные» и «индекс объема производства цветной металлургии области к предыдущему году», что говорит об их низкой степени взаимоотношения с отраслью;
- второй и третий эшелоны не полностью охватывают нижележащие уровни, не контролируя четвертую и шестую подсистему, не только создавая тем самым проблему их «излишней» самостоятельности, но и затрудняя их активизацию, особенно при кризисных ситуациях;
- при создании наилучшей модели для заключительных элементов подсистем были исключены как математически несовершенные в первом эшелоне: «объем производства огнеупорных изделий» и «объем производства проволоки стальной»; «лента стальная холоднокатаная» и «индекс цветной металлургии области к предыдущему году», «доля цветной металлургии области в отраслевой структуре промышленного производства» и «объем выпуска феррохрома 60%». Во втором и третьем эшелонах – объем производства «огнеупорных изделий»;
- проблемными показателями металлургического комплекса области являются заключительные элементы подсистем, в первом эшелоне: «объем производства труб стальных» → «объем производства цветной металлургии» → «индекс изменения объема производства цинка» → «объем производства черной металлургии»; во втором эшелоне: «индекс изменения объема производства цинка» → «индекс изменения производства кобальта», наконец, главная проблема области – «индекс изменения объема производства цинка»;
- структурное состояние подсистем производственно-экономических показателей металлургического комплекса области улучшается: вторая, пятая и шестая → первая → третья → седьмая → четвертая.

Характерной чертой металлургического комплекса России последних лет является интеграция предприятий в крупные структуры (корпорации, холдинги, и т.п.). При этом в основном эти структуры носят вертикально интегрированный характер, когда интеграция происходит вокруг технологической цепочки производства продукции и охватывает все этапы производства – от добычи руды до производства и сбыта готовой продукции (металлопрокат, изделия из черных и цветных металлов и т.п.). Такая интеграция обусловлена тем, что в современной экономике доминирующие позиции занимают крупные компании, обладающие гибкостью, динамичностью и высоким потенциалом развития. Вертикальная структура обеспечивает возможность оптимального управления затратами, сокращает издержки отдельных производств, гарантирует устойчивость к влиянию конъюнктурных факторов, а централизация финансовых и инвестиционных ресурсов позволяет быстро и эффективно развивать наиболее перспективные проекты. Другими словами, интеграция предприятий в крупные компании является ключевым фактором повышения их конкурентоспособности [2].

Рассматривая металлургический комплекс УрФО уже как состоявшееся объединение или большую систему двух ведущих областей Урала, после двух итераций мы из 44 показателей в качестве базовых сохранили 26, или 59,1%. При этом системообразующие свойства проявляют семь показателей – 26,9%. Наиболее значительными свойствами обладает показатель «доля в производстве РФ черной металлургии Свердловской области», минимальными – показатель «объем ленты стальной холоднокатаной, выпускаемой в металлургическом комплексе Свердловской области». Последняя в ме-

таллургическом комплексе Урала выступает более активным системообразующим фактором, при равном участии отраслей черной и цветной металлургии. Системообразующим фактором Челябинской области выступает исключительно показатели функционирования цветной металлургии. Индекс различия между системообразующими элементами составил 31,2 раза.

Системоразрушающими свойствами обладают 19 характеристик – 73,1%. Наиболее значительные свойства присущи показателю «феррохром в черной металлургии Свердловской области», минимальные – показателю «огнеупорные изделия в металлургическом комплексе Свердловской области». В металлургическом комплексе Урала Свердловская область является более активным системоразрушающим фактором, при преимущественном участии черной металлургии. В качестве системообразующего фактора Челябинской области выступают показатели развития черной и цветной металлургии. Индекс различия системоразрушающих факторов составил 45,3 раза.

Отношение системообразующих элементов к системоразрушающим составило  $0,37 < 1,0$ , что свидетельствует о количественном преимуществе вторых над первыми. Соотношение черной и цветной металлургии составило 1,36 – это свидетельство прева-лирования черной металлургии в комплексе Урала. Индекс соотношения Свердловской и Челябинской областей составил 1,17 раза, свидетельствует о преимуществе первого региона над вторым.

В целом металлургический комплекс Урала проявляет стремление к системоразрушению, здесь также присутствует прева-лирование черной над цветной металлургией, Свердловской области над Челябинской, первая выступает системообразующим, а вторая – системоразрушающим фактором.

Большая система металлургического комплекса Урала образует трехэшелонную пирамиду, на первом уровне располагаются шесть подсистем (рис. 3).

В первой содержится три элемента, представляющие отрасль черной металлургии, индекс соотношения областей Свердловская / Челябинская – 2,0. Активизация подсистемы осуществляется через показатель «доля в отраслевой структуре промышленного производства черной металлургии Челябинской области», а итогом является показатель «проволока стальная в металлургическом комплексе Свердловской области».

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_{21} = 1,99 + 0,001 \cdot X_{22} - 0,004 \cdot X_1, \quad (12)$$

где  $Y_{21}$  – объем производства проволоки стальной в металлургическом комплексе Свердловской области;

$X_{22}$  – доля черной металлургии в отраслевой структуре промышленного производства Челябинской области;

$X_1$  – доля черной металлургии Свердловской области в производстве РФ.

В наилучшей модели были сохранены все независимые факторы.

Во второй подсистеме присутствует четыре элемента, где элементом активизации выступает показатель «доля цветной металлургии Челябинской области в производстве РФ», ее итоговым элементом – показатель «доля цветной металлургии Свердловской области в производстве РФ». Индекс соотношения областей Свердловская / Челябинская – 3,0, черной / цветной отраслей – 1,0.

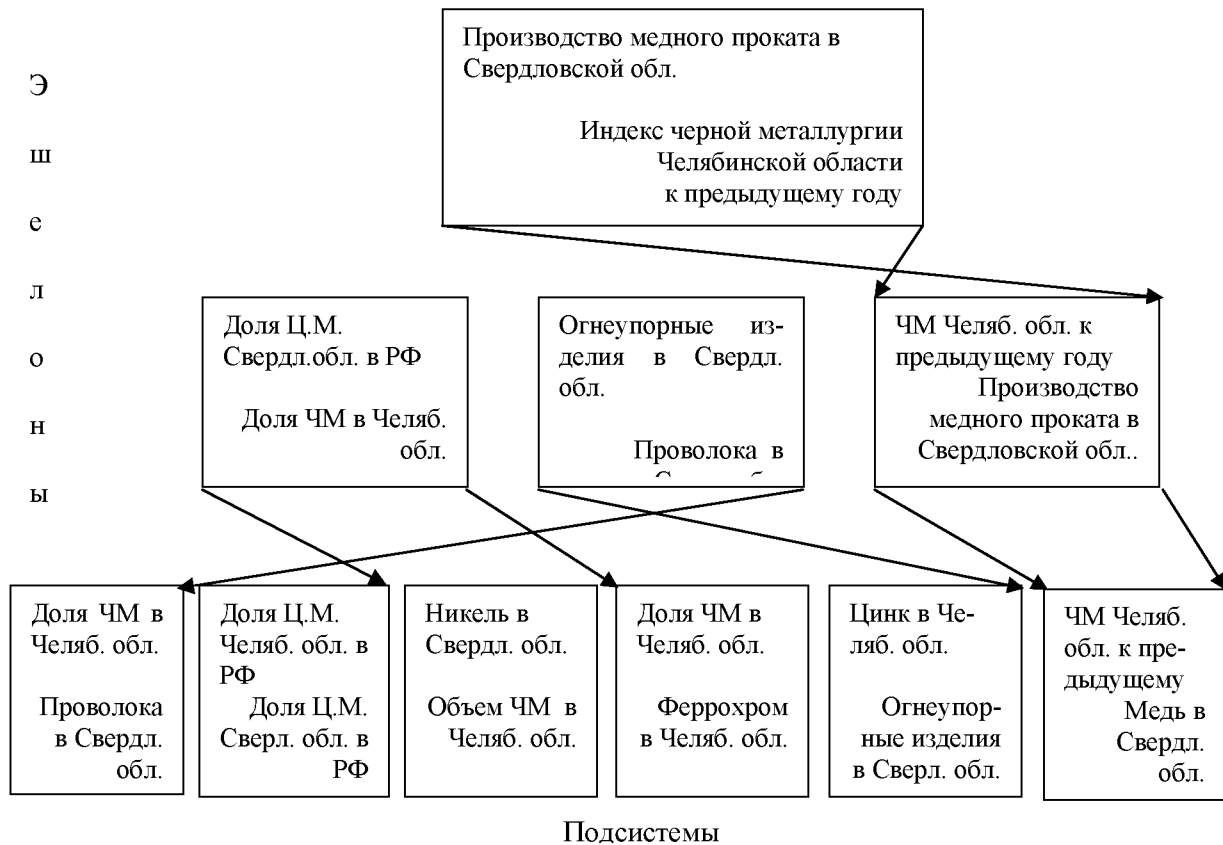


Рис. 3. Синергетические взаимоотношения подсистем металлургического комплекса Урала

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_2 = 17,16 + 0,67 \cdot X_{19} - 0,01 \cdot X_{23} - 0,4 \cdot X_{20}, \quad (13)$$

где  $Y_2$  – доля цветной металлургии Свердловской области в производстве РФ;  
 $X_{19}$  – доля цветной металлургии Челябинской области в производстве РФ;  
 $X_{23}$  – объем производства феррохрома в Свердловской области;  
 $X_{20}$  – индекс черной металлургии Свердловской области к предыдущему году.

При создании наилучшей модели были удалены как математически несовершенные «объем производства феррохрома 60%» Свердловской областью и «индекс черной металлургии Свердловской области к предыдущему году».

В третьей подсистеме обнаружено восемь элементов. Количество элементов свидетельствует о напряженности подсистемы при выполнении цели. Элементом активизации подсистемы выступает показатель «индекс изменения объема производства никеля металлургического комплекса Свердловской области», заключительным – показатель «объем производства черной металлургии Челябинской области». Индекс соотношения областей Свердловская / Челябинская – 1,67, черной / цветной отраслей – 0,6.

При отсутствии фактической из наилучшей модели были удалены четыре элемента, принадлежащие исключительно металлургическому комплексу Свердловской области, а именно: «индекс изменения объема производства твердых сплавов, тугоплавких и жаропрочных материалов», «индекс цветной металлургии к прошлому году»,

«индекс изменения объема производства алюминиевого, титанового и магниевого проката» и «индекс изменения объема производства никеля».

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента подсистемы имела следующий вид:

$$Y_{13} = -309097 + 366,2 \cdot X_{12} + 9588,7 \cdot X_{15} + 266,5 \cdot X_3, \quad (14)$$

где  $Y_{13}$  – объем производства черной металлургии в Челябинской области;  
 $X_{12}$  – объем производства ленты стальной холоднокатаной в Челябинской области;  
 $X_{15}$  – доля черной металлургии Свердловской области в отраслевой структуре промышленного производства;  
 $X_3$  – объем производства никеля в Челябинской области.

В четвертой подсистеме выявлено присутствие четырех элементов только Челябинской области, активизация ее осуществляется через показатель «доля в отраслевой структуре промышленного производства черной металлургии», итог – показатель «феррохром 60%». Индекс соотношения черной/цветной отраслей – 3,0.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_{24} = -490,5 - 42,6 \cdot X_{11} + 1,44 \cdot X_{25} + 0,71 \cdot X_4, \quad (15)$$

где  $Y_{24}$  – объем производства феррохрома в Челябинской области;  
 $X_{11}$  – доля черной металлургии Челябинской области в отраслевой структуре промышленного производства;  
 $X_{25}$  – объем производства огнеупорных изделий в Челябинской области;  
 $X_4$  – объем производства кобальта в Челябинской области.

В наилучшей модели было сохранено присутствие всех независимых элементов.

В пятой подсистеме присутствует четыре элемента, элементом активизации выступает показатель «индекс изменения объема производства цинка металлургического комплекса Челябинской области», заключительным элементом – показатель «огнеупорные изделия черной металлургии Свердловской области». Индекс Свердловская / Челябинская область составил 3,0, черной / цветной отраслей – 0,33.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_8 = 2017,5 - 11,86 \cdot X_5 - 1,32 \cdot X_9 - 18,95 \cdot X_7, \quad (16)$$

где  $Y_8$  – объем производства огнеупорных изделий в Свердловской области;  
 $X_5$  – объем производства цинка в Челябинской области;  
 $X_9$  – объем производства ферросилиция в Свердловской области;  
 $X_7$  – объем производства ленты стальной холоднокатаной в Свердловской области.

При создании наилучшей модели были удалены как математически несовершенные два независимых фактора: «объем производства ферросилиция» в Свердловской области и «объем производства цинка» в Челябинской области.

В шестой подсистеме присутствуют три элемента, ее активизация осуществляется через показатель «индекс черной металлургии Челябинской области к предыдущему году», итогом является показатель «медный прокат металлургического комплекса Свердловской области». Индекс соотношения Свердловская / Челябинская области составил 0,50, отношение черной / цветной отраслей – 2,00.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_6 = 161,8 + 0,72 \cdot X_{26} - 0,16 \cdot X_{10}, \quad (17)$$

где  $Y_6$  – объем производства медного проката в Свердловской области;  
 $X_{26}$  – индекс черной металлургии Челябинской области к предыдущему году;  
 $X_{10}$  – объем производства труб стальных в Челябинской области.

При создании наилучшей модели был удален как математически несовершенный независимый показатель «индекс черной металлургии Челябинской области к предыдущему году».

Второй эшелон большой системы представлен 12 элементами (элементы активизации и итоги деятельности подсистем первого эшелона). Как оказалось, системообразующие свойства проявляют пять признаков – 41,7%. Наиболее значительно они присущи показателю «доля цветной металлургии Свердловской области в производстве РФ», минимальны – у показателя «индекс изменения объема производства медного проката Свердловской области». Индекс различия составил 7,82.

Системоразрушающими свойствами обладают семь признаков, или 58,3%. Наиболее значительным системоразрушающим элементом выступает показатель «индекс черной металлургии Челябинской области к предыдущему году», минимальным – «доля в отраслевой структуре промышленного производства цветной металлургии Челябинской области». Индекс различия составил 15,1. Уровень системоразрушающих свойств в 1,93 раза значительнее системообразующих. Соотношение черной и цветной металлургии составило 1,00, Свердловская / Челябинская области – 0,71.

Следовательно, большая система металлургического комплекса Урала и на втором эшелоне проявляет слабое стремление к разрушению, при равновесии вклада черной и цветной металлургии и превалировании Челябинской над Свердловской областью.

На втором эшелоне организуются три подсистемы. В подсистеме первого порядка присутствуют три элемента, элементом активизации выступает показатель «доля в производстве РФ цветной металлургии Свердловской области», ее итогом – «доля черной металлургии в отраслевой структуре промышленного производства Челябинской области». Соотношение Свердловской и Челябинской областей составило 0,50, индекс черная/цветная металлургия – 0,50.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_{22} = -53,55 - 0,86 \cdot X_2 + 38,59 \cdot X_{19}, \quad (18)$$

где  $Y_{22}$  – доля черной металлургии Челябинской области в отраслевой структуре промышленного производства;

$X_2$  – доля цветной металлургии Свердловской области в производстве РФ;

$X_{19}$  – доля цветной металлургии Челябинской области в производстве РФ.

В наилучшей модели сохранены все независимые факторы.

В подсистеме второго порядка присутствуют три элемента, элементом активизации подсистемы является показатель «огнеупорные изделия черной металлургии Свердловской области», ее итогом – показатель «проволока стальная черной металлургии Свердловской области». Индекс соотношения отраслей составил 2,0, Челябинской / Свердловской областей – 0,50.

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_1 = 1,96 + 0,00003 \cdot X_7 + 0,00009 \cdot X_9, \quad (19)$$

где  $Y_1$  – объем производства проволоки стальной в Свердловской области;

$X_7$  – объем производства огнеупорных изделий в Свердловской области;

$X_9$  – объем производства феррохрома в Челябинской области.

Наилучшую модель функционирования подсистемы создать не удалось.

В подсистеме третьего порядка присутствует шесть элементов, элементом активизации подсистемы является показатель «индекс производства черной металлургии в Челябинской области к предыдущему году», ее итогом – показатель «медный прокат цветной металлургии Свердловской области». Индекс отношения Челябинская / Свердловская области составил 2,0, черная / цветная металлургия – 0,50.

При отсутствии фактической модели из наилучшей как математически несовершенные были удалены два независимых фактора: «индекс производства черной металлургии в Челябинской области к предыдущему году» и «доля в отраслевой структуре промышленного производства цветной металлургии Челябинской области».

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_6 = 580,3 - 0,001 \cdot X_{13} - 0,23 \cdot X_3 - 4,02 \cdot X_5, \quad (20)$$

где  $Y_6$  – индекс изменения объема производства медного проката в Свердловской области;

$X_{13}$  – объем производства черной металлургии в Челябинской области;

$X_3$  – индекс изменения объема производства никеля в Челябинской области;

$X_5$  – индекс изменения объема производства цинка в Челябинской области.

Третий эшелон металлургического комплекса Урала представлен одной подсистемой, включающей шесть элементов. При этом элементом активизации подсистемы является показатель «медный прокат металлургического комплекса Свердловской области», ее итог – показатель «индекс черной металлургии Челябинской области к предыдущему году». Соотношение Челябинской / Свердловской областей и черной / цветной отраслей – 2,0.

При отсутствии фактической модели из наилучшей как математически несовершенные были удалены два независимых фактора: «объем производства огнеупорных изделий в Свердловской области» и «доля цветной металлургии Свердловской области в производстве РФ».

Модель функционирования подсистемы для заключительного элемента имеет следующий вид:

$$Y_{26} = -958,2 + 484,1 \cdot X_{21} + 1,56 \cdot X_{22} + 0,12 \cdot X_6, \quad (21)$$

где  $Y_{26}$  – индекс черной металлургии Челябинской области к предыдущему году;

$X_{21}$  – объем производства проволоки стальной в Свердловской области;

$X_{22}$  – доля черной металлургии в отраслевой структуре промышленного производства Челябинской области;

$X_6$  – индекс изменения объема производства медного проката в Свердловской области.

Подводя итог, отметим, что объединение областей в единый металлургический комплекс Урала дает ощутимый эффект в виде увеличения эшелонирования, эффекта эмерджентности, выраженного приростом объема пирамиды в 2,9 раза, обозначения большего числа целей, исчезновения вне структурных показателей, снижения системо-

разрушающих тенденций, выравнивания доли влияния черной и цветной металлургии, наконец, улучшения качества целостных характеристик подсистем объекта (рис. 4).

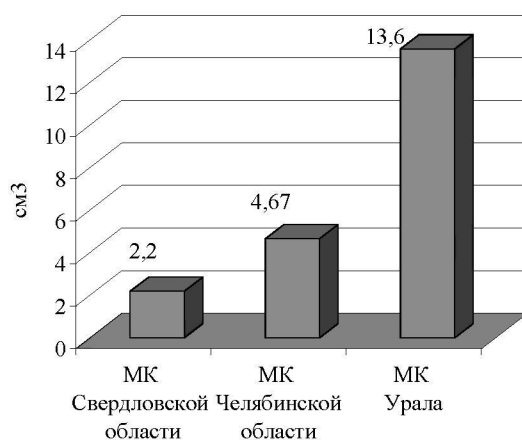


Рис. 4. Объемные взаимоотношения систем простых показателей металлургического комплекса (МК) Урала

Вместе с тем обнаруживается и ряд негативных моментов. В частности, оценка синергетических взаимоотношений эшелонов металлургического комплекса Урала свидетельствует, что третий эшелон не полностью охватывают нижележащий уровень, не контролируя седьмую и восьмую подсистемы. Это ведет к снижению результативности функционирования всех подсистем рассматриваемого объекта. Во-вторых, перегрузка элементами металлургического комплекса Свердловской области в третьей подсистеме для решения проблемы изменения показателя «объем производства черной металлургии Челябинской области».

Проблемными показателями металлургического комплекса Урала являются ключевые элементы подсистем, в первом эшелоне: «объем производства проволоки стальной черной металлургией Свердловской области» → «доля цветной металлургии Свердловской области в производстве РФ» → «объем производства черной металлургии Челябинской областью» → «объем выпуска феррохрома черной металлургией Челябинской области» → «объем выпуска огнеупорных изделий черной металлургией Челябинской области» → «индекс изменения объема производства медного проката Свердловской областью». Во втором эшелоне: «доля в отраслевой структуре промышленного производства черной металлургии Челябинской области» → «объем производства проволоки стальной черной металлургией Свердловской области» → «индекс изменения объема производства медного проката Свердловской областью».

Структурное состояние подсистем производственно-экономических показателей металлургического комплекса Урала улучшается согласно схеме: первая и шестая → пятая → четвертая → девятая → вторая и восьмая → десятая → третья → седьмая.

**Заключение.** Мировые тенденции промышленного развития свидетельствуют, что в условиях глобализации экономики создание вертикально интегрированных структур является одним из важнейших направлений повышения эффективности функционирования промышленности России. Математико-статистическое управление процессами интеграции создает большие возможности для реализации потенциала металлургического комплекса Уральского федерального округа.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Козицын А.А. Производственная интеграция как основа повышения экономической безопасности региона / Под ред. акад. РАН А.И. Татаркина и д.э.н., проф. А.А. Куклина. Екатеринбург, 2006. 364 с.
2. Мызин А.Л., Куклин А.А., Козицын А.А. и др. Состояние металлургического комплекса Урала в преддверии вступления России в ВТО // Экономика региона. 2005. №3. С. 142-152.
3. Самогатов А.А., Дорошенко Ю.А. Методические подходы к выявлению характеристик предприятия, определяющих эффективность его функционирования // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Проблемы информационного обеспечения управления экономическим потенциалом». Челябинск, ЧГАУ, 2007. С. 126-131.