

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 51-7, 519.863

П. Н. Анохина

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», Москва,
e-mail: polya19982510@gmail.com

Д. И. Беляева

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», Москва,
e-mail: beljaevadar@rambler.ru

А. М. Димитриев

АО «Вертолеты России», Москва, e-mail: spyguest@rambler.ru

Д. А. Максимов

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», Москва,
e-mail: maksimovdenis@mail.ru

**ОПТИМИЗАЦИЯ ВНУТРИФИРМЕННОГО КРЕДИТОВАНИЯ
ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
СТРУКТУРЫ С КРИТЕРИЯМИ ИГРЫ С ПРИРОДОЙ**

Ключевые слова: интегрированная группа предприятий, вертикально-интегрированный холдинг, структурная бизнес-единица, угле-энергетическая компания АО «СУЭК», инвестиционная деятельность, внутрифирменное кредитование, многоуровневая оптимизация, критерии игры «с природой», критерий Вальда, критерий Сэвиджа, синтетический критерий, трансфертные отчисления, рентабельность инвестиций.

В статье рассматривается актуальная для российской экономики проблематика разработки инструментального комплекса экономико-математических моделей и численных методов оптимального управления инвестиционной деятельностью структурных подразделений крупной иерархической производственной структуры (вертикально-интегрированного холдинга) с учетом софинансирования из централизованного общефирменного фонда. В условиях равного доступа предприятий холдинга к источникам внутрифирменных кредитов необходимо использовать корректный инструментарий их ранжирования по эффективности и риску. Для разработки этого инструментария авторами предложено использовать аппарат теории «игр с природой», а также критерии, применяемые в этих играх. В качестве основного при формировании приоритетной очереди подразделений холдинга, претендующих на внутрифирменное кредитование из централизованных источников, рассмотрен алгоритм «игры с природой» с использованием синтетического критерия Вальда-Сэвиджа, разработанного Л. Лабскером. В качестве показателя эффективности внутрифирменного кредитования предложен показатель отдачи общефирменного капитала в результатах инвестиционной деятельности оцениваемого структурного подразделения. Практическая реализация разработанных моделей и методов, осуществленная на объектах АО «Сибирская угольно-энергетическая компания», продемонстрировала их корректность и обоснованность предложенного подхода к выбору приоритетной последовательности структурных подразделений вертикально-интегрированного холдинга с позиции перспектив централизованного финансирования из общефирменных источников.

P. N. Anokhina

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: polya19982510@gmail.com

D. I. Belyaeva

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: beljaevadar@rambler.ru

A. M. Dimitriev

JSC «Helicopters of Russia», Moscow, e-mail: spyguest@rambler.ru

D. A. Maksimov

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: maksimovdenis@mail.ru

**OPTIMIZATION OF INTRA-FIRM LENDING IN DIVISIONS
OF HIERARCHICAL PRODUCTION STRUCTURE
WITH THE CRITERIA OF PLAYING WITH NATURE**

Keywords: integrated group of enterprises, vertically integrated holding, structural business unit, coal and energy company JSC «SUEK», investment activity, intra-company lending, multi-level optimization, criteria of the game «with nature», Wald criterion, savage criterion, synthetic criterion, transfer payments, return on investment.

The article deals with the actual problems of developing an instrumental complex of economic and mathematical models and numerical methods for optimal management of investment activities of structural units of a large hierarchical production structure (vertically integrated holding), taking into account co-financing from a centralized company's mutual fund. In conditions of equal access of holding companies to sources of intra-firm loans, it is necessary to use the correct tools for ranking them by efficiency and risk. To develop this tool, the authors have proposed using the theory of «games with nature», as well as game's criteria. The «playing with nature» algorithm applying the Wald-savage synthetic criterion developed by L. Labsker is considered as the main one in the formation of the priority queue of holding divisions applying for intra-firm lending from centralized sources. As an indicator of the effectiveness of intra-firm lending, the indicator of the company's capital return is proposed in results of investment activity of the assessed structural unit. The practical implementation of the developed models and methods, carried out at the facilities of JSC «Siberian coal and energy company», indicated its validity to the selection of the priority sequence of structural units of a vertically integrated holding from the perspective of centralized funding from company's sources.

Введение

Крупные интегрированные производственные структуры и вертикально-интегрированные холдинги занимают значительное место в экономике России и преобладающее – в добывающих и обрабатывающих отраслях, характеризующихся высокой концентрацией капитала и его неоднородностью по стоимости и риску. По этой причине, а также в силу институциональных несовершенств внутрифирменных механизмов управления производственной и инвестиционной сферами рыночной деятельности структурных подразделений холдингов актуальной и практически значимой становится задача повышения эффективности внутрифирменного кредитования. Трансфертное (внутрифирменное) кредитование – важный инструмент корпоративного управления, значимость которого усиливается в условиях снижения доступности и ограничений внешнего финансирования. Для современной экономики России – это практически единственный значимый резерв роста синергии объединения ранее независимых хозяйствующих субъектов в интегрированные группы предприятий (ИГП) и производственные холдинги [1, 5, 7, 8, 15, 17, 18].

Особенности внутрифирменного кредитования с учетом риска и уровня

централизации внутрифирменных денежных потоков в рамках ИГП, характерные для российских условий становления и функционирования корпоративного бизнеса, достаточно подробно рассмотрены в работах зарубежных [6, 11] и отечественных исследователей [2, 3, 10, 13, 16, 19]. В цитируемых работах основное внимание уделено взаимосвязи риска и стоимости внутрифирменного кредитования с эффективностью производственной и инвестиционной деятельности подразделений холдинга, а также вопросам выбора оптимальной рыночной стратегии ИГП. Анализ перечисленных и других доступных авторам источников показал недостаточную разработанность проблематики повышения эффективности внутрифирменного кредитования в рамках ИГП и холдингов на основе корректного выбора приоритетной очереди структурных подразделений, претендующих на финансирование производственных программ и инвестиционных проектов из централизованных источников и, в том числе, общефирменного инвестиционного фонда.

Цель исследования – разработка инструментария моделей и методов выбора оптимального варианта внутрифирменного софинансирования инвестиционных программ структурных подразделе-

лений вертикально-интегрированного холдинга с учетом уровня централизации денежных и инвестиционных потоков и отдачи (рентабельности) общеприемного капитала в результатах их инвестиционной деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Постановка задачи и математическая модель выбора оптимального варианта централизованного финансирования инвестиционных проектов структурных подразделений холдинга.

Выбранный в качестве основного и наиболее часто встречающийся на практике частично-децентрализованный вариант организационной структуры интегрированной группы предприятий (ИГП) предусматривает взаимную заинтересованность структурных подразделений и управляющей компании в результатах инвестиционной деятельности предприятий группы. Последние формируют инвестиционные программы и планируют инвестиционные затраты, которые покрываются собственным капиталом и трансфертными платежами из централизованного инвестиционного фонда (ЦИФ) ИГП, находящегося в распоряжении управляющей (материнской) компании. УК привлекает дополнительные средства сторонних инвесторов и, выступая в роли внутрифирменного инвестиционного банка, выделяет средства ЦИФа структурным подразделениям ИГП на платной основе, учитывая при согласовании ставки внутрифирменного кредита как «надежность» структурного подразделения во внутрифирменных платежах, так и приоритетность и рентабельность заявленных им инвестиционных проектов.

Представленная постановка задачи организации отбора инвестиционных программ подразделений ИГП и их финансирования в полной мере «укладывается» в схему задачи многоуровневой оптимизации.

Далее рассмотрим двухуровневую модель оптимального управления инвестиционной деятельностью интегрированной группы предприятий.

Верхний уровень – выбор инвестиционной стратегии управляющей компании.

Приведем перечень параметров и переменных модели верхнего уровня:

$Q_{УК}^{(t)}$ – объем ЦИФ ИГП на начало временного интервала t ;

$RT_i^{(t)}$ – объем заявки i -й СБЕ на централизованное (в рамках ЦИФ) финансирование технических и других проектов в интервале t ;

$\gamma_i^{(t)}$ – ставка трансфертного (внутрифирменного) кредитования инвестиционных проектов i -й СБЕ в периоде t , выбранная на основе модели оптимальной стоимости внутрифирменного кредита и согласованная в рамках финансового взаимодействия УК и СБЕ в начале временного интервала;

$n_i^{(t)}$ – номер i -й СБЕ ($i = \overline{1, I}$) в приоритетной последовательности номеров СБЕ ИГП (построенной по принципу «от СБЕ с высоким приоритетом к СБЕ с низким приоритетом»), сформированной для шага t с использованием эвристического алгоритма, например, с синтетическим критерием Вальда-Сэвиджа, предложенного проф. Лабскером Л.Г. и приведенным в работе [9]. (В следующем разделе приведено описание численного алгоритма выбора приоритетной очереди структурных подразделений холдинга на предмет централизованного финансирования их инвестиционных проектов с позиции управляющей компании, а также представлен численный пример финансирования проектов структурных подразделений вертикально-интегрированного холдинга);

$ZK_{УК}^{(t)}$ – максимальный объем внешнего (в том числе, заемного) финансирования инвестиционной деятельности подразделений ИГП для временного интервала t , определенный стратегией УК, условиями и ограничениями финансовых рынков;

$\tau_{УК}^{(t)}$ – средняя для временного интервала t ставка внешнего кредита для УК холдинга;

$U_{УК}^{(t)}$ – планируемый для временного интервала t объем привлекаемого внешнего кредита (эндогенная (управляемая) переменная);

$Z_i^{(t)}$ – планируемый объем трансфертных отчислений в интервале планирования t на финансирование инвестиционной деятельности i -й СБЕ (эндогенная (управляемая) переменная).

С учетом введенных обозначений модель верхнего уровня представлена следующими соотношениями:

$$\sum_{i=1}^I \gamma_i^{(t)} \cdot Z_i^{(t)} - \tau_{\text{УК}}^{(t)} \cdot U^{(t)} \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$Z_i^{(t)} \leq \min \{W_i^{(t)} \cdot (Q_{\text{УК}}^{(t)} + U^{(t)}); RT_i^{(t)}\}; \quad (2)$$

$$U^{(t)} \leq 3K_{\text{УК}}^{(t)}; \quad (3)$$

$$Z_i^{(t)}, U_{\text{УК}}^{(t)} \in Z_+, \quad (4)$$

где $W_i^{(t)} = \frac{n_i}{\left(\frac{1}{2}I^2 + \frac{1}{2}I\right)}$ – коэффициент

значимости *i*-й СБЕ в централизованном финансировании инвестиционной деятельности подразделений ИГП – модифицированный коэффициент Фишберна (15).

Учитывая, что ограничение (2) естественным образом преобразуется в два неравенства типа «≤», можно утверждать, что модель верхнего уровня (модель УК) относится к моделям линейного целочисленного программирования и может быть успешно решена одним из известных алгоритмов, например, методом «ветвей и границ».

Нижний уровень – выбор оптимального набора инвестиционных проектов *i*-й СБЕ ($i = 1, I$), которые планируются реализовать в интервале времени *t*.

Переменные и параметры модели нижнего уровня (секторной задачи для *i*-й СБЕ):

$P_i^{(t)}$ – набор инвестиционных проектов *i*-й СБЕ для временного интервала *t* с указанием для каждого *l*-го ($l = 1, L_i^{(t)}$) проекта совокупных затрат $c_{i,l}^{(t)}$ на его реализацию и ожидаемого по окончании временного интервала *t* эффекта $p_{i,l}^{(t)}$;

$Q_i^{(t)}$ – объем собственного инвестиционного фонда *i*-й СБЕ на начало временного интервала *t*;

$3K_i^{(t)}$ – максимальный для временного интервала *t* объем заемного финансирования инвестиционной деятельности *i*-й СБЕ из внешних источников;

$\tau_i^{(t)}$ – средняя для временного интервала *t* ставка внешнего кредита для *i*-й СБЕ;

$ka_i^{(t)}$ – пороговое для интервала *t* значение коэффициента автономии для *i*-й

СБЕ, характеризующее риск структуры капитала ее инвестиционной сферы;

$U_i^{(t)}$ – планируемый для интервала *t* объем внешнего кредита для финансирования инвестиционной деятельности *i*-й СБЕ (эндогенная (управляемая) переменная);

$x_{i,j}^{(t)}$ – булева переменная – признак включения/не включения *j*-го проекта в инвестиционную программу *i*-й СБЕ на временном интервале *t*.

С учетом введенных обозначений модель секторной задачи (нижнего уровня) без учета производственно-технологических ограничений реализации инвестиционной программы *i*-й СБЕ задается следующими соотношениями:

$$\sum_{i=1}^{L_i^{(t)}} (p_{i,l}^{(t)} - c_{i,l}^{(t)}) \cdot x_{i,l}^{(t)} - (1 + \tau_i^{(t)}) \cdot U_i^{(t)} \rightarrow \max; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{L_i^{(t)}} c_{i,l}^{(t)} \cdot x_{i,l}^{(t)} \leq Q_i^{(t)} + Z_i^{(t)} + U_i^{(t)}; \quad (6)$$

$$\frac{Q_i^{(t)} + Z_i^{(t)}}{Q_i^{(t)} + Z_i^{(t)} + U_i^{(t)}} \geq ka_i^{(t)}; \quad (7)$$

$$x_{i,l}^{(t)} \in \{0; 1\}, \quad U_i^{(t)} \in Z_+. \quad (8)$$

Учитывая, что ограничение (8) может быть представлено следующим линейным неравенством:

$$Z_i^{(t)} (1 - ka_i^{(t)}) \geq Q_i^{(t)} (ka_i^{(t)} - 1) + U_i^{(t)} \cdot ka_i^{(t)}, \quad (9)$$

То делаем вывод – задача целочисленного программирования (5) – (8) имеет следующее тривиальное решение. При наличии значительного числа инвестиционных проектов все они будут включены в оптимальную инвестиционную программу *i*-й СБЕ в порядке убывания маржинальной доходности. При этом объем внешнего кредита достигнет максимальной величины, задаваемой ограничением (7) на структуру капитала инвестиционной сферы *i*-й СБЕ.

Ясно, что наличие тривиального решения задачи (5) – (8) связано с ее «рюкзачной» спецификой: причина в том, что постановка задачи нижнего уровня не учитывает некоторые важные особенности инвестиционной деятельности предприятий в составе ИГП, например,

обеспечение рентабельности внутрифирменного кредитования для i -й СБЕ и для временного интервала t на уровне выше его доходности, задаваемой ставкой $\gamma_i^{(t)}$.

Таким образом, модель (5) – (8) задачи нижнего уровня следует дополнить следующим ограничением на минимальную рентабельность включаемых в инвестиционную программу i -й СБЕ проектов:

$$\sum_{l=1}^{L_i^{(t)}} (p_{i,l}^{(t)} - c_{i,l}^{(t)}) \cdot x_{i,l}^{(t)} \geq \max \left\{ d_i^{(t)} \cdot Q_i^{(t)}; \gamma_i^{(t)} \cdot z_i^{(t)}; \tau_i^{(t)} \cdot U_i^{(t)} \right\}, \quad (10)$$

где $d_i^{(t)}$ – средневзвешенная стоимость собственного капитала i -й СБЕ для временного интервала t .

Включение в модель секторной задачи ограничения (10) позволяет обеспечить выбор инвестиционных проектов i -й СБЕ на шаге t , согласованный по объемам финансирования из собственных источников, внутрифирменных кредитов и внешних заимствований.

Модель (5) – (10), как легко видеть, относится к моделям линейного (ограничение (10) может быть представлено в форме трех линейных неравенств) целочисленного программирования, а решение соответствующей секторной задачи может быть получено одним из методов отсечений, например, «ветвей и границ».

2. Постановка задачи и численный алгоритм выбора приоритетной последовательности подразделений холдинга, претендующих на трансфертное (внутрифирменное) кредитование из средств централизованного инвестиционного фонда ИГП.

Для построения приоритетной последовательности подразделений холдинга предлагается провести их ранжирование по показателю рентабельность инвестиций на рубль общефирменного капитала. Процедуру ранжирования предлагается организовать на основе алгоритма игры с природой с использованием синтетического критерия Вальда-Сэвиджа, введенного в оборот Л. Лабскером (Лев Григорьевич Лабскер – профессор кафедры «Математическое моделирование экономических процессов» ФГО-

БУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве РФ». Автор 165 научных и учебно-методических публикаций в области теории аппроксимации в банаховых пространствах, систем Чебышева, теории массового обслуживания и теории игр). Исходные данные численного примера взяты из бухгалтерской (финансовой) отчетности АО СУЭК за период с 2014 по 2018 г. СУЭК [4].

Синтетический критерий Вальда-Сэвиджа включает:

- критерий Вальда, позволяющий определить оптимальность стратегии с позиции выигрыша;
- критерий Сэвиджа, который позволяет выбрать стратегию с позиции игрового риска.

По критерию Вальда (W -оптимальной) оптимальной во множестве чистых стратегий является стратегия, которая обеспечивает W -максимальный среди минимальных выигрышей. Оптимальное решение, выбранное данным образом, исключает риск и гарантирует, что полученный результат, в каком бы состоянии не находилась «природа», не достигает значение ниже W . Критерий Вальда также называется «принципом гарантированного результата» (критерий «крайнего пессимизма относительно выигрышей») [9, с. 115-117] и применяют в тех случаях, когда целью субъекта является не выигрыш, а желание не проиграть.

По критерию Сэвиджа (S -оптимальной) оптимальной во множестве чистых стратегий является стратегия, которая обеспечивает S -минимальный среди максимальных рисков. Этот критерий также определяют, как «критерий крайнего пессимизма» и применяют в случаях, когда ЛПР (лицо, принимающее решение) при выборе стратегии ориентируется на наибольший риск – «природа» находится в наихудшем для игрока состоянии [9, с. 125-126].

Линейная комбинация критериев позволит подойти к выбору оптимальной с позиции выигрыша и риска стратегии управляющей компании.

Для описания синтетического критерия введем коэффициенты, которые характеризуют степень предпочтения управляющей компании выигрыша и риска: $r \in [0, 1]$ и $(1 - r)$. Выбор численного значения показателя r является субъективным и зависит от требуемой ожида-

емой доходности и толерантности к риску [9, с. 138].

Критерий Вальда-Сэвиджа с выигрыш-показателем $r \in [0, 1]$ определим по формуле:

$$Q_{WS_i}(r) = rW_i - (1-r)S_i, \quad (11)$$

где W_i – показатель эффективности стратегии A_i по критерию Вальда; S_i – показатель эффективности стратегии A_i по критерию Сэвиджа, $i \in I$.

$$Q_{WS_s}(r) = \max\{Q_{WS_i}(r) : i \in I\}, \quad (12)$$

где $Q_{WS_s}(r)$ – цена игры в чистых стратегиях.

Назовем оптимальной стратегией A_f на множестве s чистых стратегий при условии, что:

$$Q_{WS_f}(r) = Q_{WS_s}(r). \quad (13)$$

Множество $Q_{WS_s}(r)$ -оптимальных на множестве s чистых стратегий обозначим как $S_{opt.}^{Q_{WS_s}(r)}$.

В цитируемой работе Л.Г. Лабскера доказано, что каждая стратегия, которая оптимальна на множестве s чистых стратегий по критерию Вальда-Сэвиджа, является оптимальной на множестве s как по критерию Вальда, так и по критерию Сэвиджа. Кроме того, при $r \in (0, 1)$ структура множества $S_{opt.}^{Q_{WS_s}(r)}$ стратегий, оптимальных на множестве чистых стратегий по критерию Вальда-Сэвиджа с выигрыш-коэффициентом r , не зависит от значений $r \in (0, 1)$ [9, с. 147-155].

Для применения вышеизложенной модели воспользуемся алгоритмом Л. Лабскера, который нами был усовершенствован исходя из целей работы.

Для использования синтетического критерия Вальда-Сэвиджа необходимо определить показатель сравнительной оценки СБЕ при формировании их приоритетной с позиции УК очереди. В качестве такого показателя предлагается использовать рентабельность инвестиций в капитал СБЕ на рубль общекорпоративного капитала.

Алгоритм:

1. Сформировать матрицу A выигрышей, элементами которой будут показатели рентабельности инвестиций на руб. общекорпоративного капитала за период с 2014 г. по 2018 г.;

2. Используя формулу (14) найти по данным матрицы A показатели эф-

фективности W_i стратегий $A_i, i \in I$, по критерию Вальда [9, с. 115]:

$$W_i = \min\{a_{ij} : j = 1, \dots, n\}, i = 1, \dots, m; \quad (14)$$

3. По найденным в п. 2 показателям $W_i, i \in I$, найти по формуле (15) цену игры W_s в чистых стратегиях по критерию Вальда [9, с. 115]:

$$W_s = \max\{W_i : i \in I\}; \quad (15)$$

4. Используя п.п. 2 и 3, определить множество стратегий $S_{opt.}^{Q_w(r)}$, оптимальных во множестве чистых стратегий по критерию Вальда;

5. Используя матрицу A , сформировать матрицу рисков R ;

6. По данным матрицы R вычислить показатели S_i стратегий $A_i, i \in I$ по критерию Сэвиджа;

7. По найденным в п. 6 показателям $S_i, i \in I$, по формуле (16) найти цену игры по критерию Сэвиджа в чистых стратегиях, S_s [9, с.131]:

$$S_s = \min\{r_{ij} : i = 1, \dots, n\}, j = 1, \dots, m. \quad (16)$$

8. Используя п.п. 6 и 7, определить множество стратегий $S_{opt.}^{Q_s(r)}$, оптимальных во множестве чистых стратегий по критерию Сэвиджа.

9. По данным п.п. 4 и 8 проверить выполнимость условия [9, с. 156]:

$$S_{opt.}^{Q_w(r)} \cap S_{opt.}^{Q_s(r)} = \emptyset;$$

Если данное условие не выполняется, то множество стратегий $Q_{WS_s}(r)$, оптимальных на множестве S , имеет структуру [9, с. 152]:

$$S_{opt.}^{Q_{WS_s}(r)} = \begin{cases} S_{opt.}^{Q_s(r)}, r=0 \\ S_{opt.}^{Q_w(r)} \cap S_{opt.}^{Q_s(r)}, r \in (0,1). \\ S_{opt.}^{Q_w(r)}, r=1 \end{cases} \quad (17)$$

Если условие выполняется, то перейти к следующему пункту;

10. По данным п.п. 4 и 6 найти цену игры $S_{opt.}^{Q_w(r)}$ в стратегиях множества $S_{opt.}^{Q_w(r)}$ по критерию Сэвиджа;

11. По данным п.п. 3 и 8 найти цену игры W_s в стратегиях множества $S_{opt.}^{Q_s(r)}$ по критерию Вальда;

12. По данным п.п. 4 и 8 определить множество стратегий, не являющихся оптимальными на множестве чи-

стных стратегий ни по критерию Вальда, ни по критерию Сэвиджа;

13. Для каждой стратегии, определенной в п. 12, с использованием пунктов 3, 7, 10, 11 проверить справедливость неравенства [9, с. 163]:

$$\left(S_{S_{opt.}^{Q_w(r)}} - S_s \right) W_i - \left(W_s - W_{S_{opt.}^{Q_s(r)}} \right) S_i < W_{S_{opt.}^{Q_s(r)}} S_{S_{opt.}^{Q_w(r)}} - W_s S_s. \quad (18)$$

Если хотя бы для одной стратегии данное неравенство не выполняется, то алгоритм завершается и о структуре $S_{opt.}^{Q_{ws}(r)}$ нельзя сказать ничего определенного.

Если же для каждой стратегии неравенство выполняется, переходим к следующему пункту;

14. По данным п.п. 3 и 8 определить множество $(S_{opt.}^{Q_s(r)})^W$, оптимальных на $S_{opt.}^{Q_s(r)}$ по критерию Вальда;

15. По данным п.п. 4 и 6 определить множество $(S_{opt.}^{Q_w(r)})^S$, оптимальных на $S_{opt.}^{Q_w(r)}$ по критерию Сэвиджа;

16. По данным п.п. 3, 7, 10, 11 рассчитать значение $r_{Q_{ws}}$ по формуле (19) [9, с. 157]:

$$r_{Q_{ws}} = \frac{S_{S_{opt.}^{Q_w(r)}} - S_s}{(S_{S_{opt.}^{Q_w(r)}} - S_s) + (W_s - W_{S_{opt.}^{Q_s(r)}})}; \quad (19)$$

17. По данным п.п. 4, 8, 14, 15, 16 по формуле (20) [9, с. 165] определить структуру множества оптимальных чистых стратегий $S_{opt.}^{Q_{ws}(r)}$:

$$S_{opt.}^{Q_{ws}(r)} = \begin{cases} S_{opt.}^{Q_s(r)}, & \text{при } r = 0 \\ (S_{opt.}^{Q_s(r)})^W_{opt.}, & \text{при } 0 < r < r_{Q_{ws}}, \\ S_{opt.}^{Q_w(r)} \cup S_{opt.}^{Q_s(r)}, & \text{при } r = r_{Q_{ws}} \\ (S_{opt.}^{Q_w(r)})^S_{opt.}, & \text{при } r_{Q_{ws}} < r < 1 \\ S_{opt.}^{Q_w(r)}, & \text{при } r = 1. \end{cases} \quad (20)$$

Численный пример рейтингования структурных подразделений холдинга по приоритету финансирования их инвестиционной деятельности из централизованного инвестиционного фонда холдинга проведем на основе информационной базы АО «Сибирская угольная энергетическая компания».

СУЭК – одна из крупнейших угольных компаний мира, а также ведущий производитель угля и энергии в России [12]. Компания поставляет уголь в 48 стран через собственную развитую сбытовую сеть и включает 22 основных подразделений: ООО «Арктические разработки», ООО «Черновские ЦЭММ», ООО «Читауголь», АО «Разрез Харанорский», АО «СУЭК-Кузбасс», ООО «Сибниуглеобогащение», ООО «Объединенное ПТУ Кузбасса», АО «Разрез Березовский», АО «Разрез Назаровский», ООО «Гринфин», ООО «Бородинский РМЗ», АО «ШУ Восточное», ООО «Правобережное», АО «Разрез Тугнуйский», ООО «Тугнуйская обогатительная фабрика», ООО «Тугнуйское ПТУ», ООО «СУЭК-Хакасия», АО «Разрез Изыхский», ООО «Восточно-Бейский разрез», АО «Черногорский ремонтно-механический завод», АО «Ургалуголь», АО «Дальтрансуголь». НЕИже в работе используется 14 подразделений, по которым удалось получить финансово-экономические данные за период с 2014 г. по 2018 г. [4].

Таким образом, компания имеет возможность одновременного финансирования инвестиционной деятельности нескольких своих дочерних компаний, что и актуализирует задачу выбора их приоритетной последовательности.

Приоритетная последовательность структурных подразделений в планах трансфертного кредитования, как указано выше, организована на основе показателя отдачи на руб. инвестиций материнской компании.

Ниже в табл. 1 и 2 представлены величины трансфертных отчислений и премий (млн руб.) по каждому предприятию холдинга за период с 2014 г. по 2018 г.

Основой для применения алгоритма Л. Лабскера и критерия Вальда-Сэвиджа являются данные табл. 3 – матрицы выигрышей, включающей показатели рентабельности инвестиций из централизованного фонда в предприятия холдинга (отдача на руб. общефирменного капитала).

В последнем столбце матрицы выигрышей рассчитаны показатели эффективности W_i , $i = 1, 2, \dots, 14$ стратегий A_i , $i = 1, 2, \dots, 14$, по критерию Вальда. В последней строке – показатели благоприятности β_j , $j = 1, 2, \dots, 5$, состояний природы P_j , $j = 1, 2, \dots, 5$.

Таблица 1

Объемы трансфертов по предприятиям АО «СУЭК» (млн руб.)*

	2018	2017	2016	2015	2014
ООО «Арктические разработки»	704,8	696,4	703,6	191,2	187
ООО «Черновские ЦЭММ»	24,8	9,6	5	10,8	7,6
АО «Разрез Харанорский»	20	2,8	1,4	20,6	21,4
АО «СУЭК-Кузбасс»	1350,2	120,6	43,2	58,4	9,8
ООО «Сибниуглеобогащение»	41	41,6	40,4	38,6	39,6
АО «Разрез Березовский»	1,8	4,6	3	4,2	5
АО «Разрез Назаровский»	2,8	6,8	3,8	5	6,2
ООО «Бородинский РМЗ»	2,2	1,6	3,4	5,6	2,8
АО «Разрез Тугнуйский»	1963	23,6	5,6	4,8	6
ООО «Тугнуйская обогатительная фабрика»	1,2	20	50	110	110
ООО «СУЭК-Хакасия»	372,4	19,6	9,2	8,8	8
АО «Разрез Изыхский»	1	2,4	1,4	1,6	1
АО «Ургалуголь»	3785,6	1794,2	279	10	1,6
АО «Дальтрансуголь»	15,4	14,2	8,2	9,6	8,8

Примечание. * – таблица составлена авторами с использованием источника [4].

Таблица 2

Премии УК, перечисленные предприятиями АО «СУЭК» (млн руб.)*

	2018	2017	2016	2015	2014
ООО «Арктические разработки»	968	1139	153	-243	707
ООО «Черновские ЦЭММ»	165	115	73	12	12
АО «Разрез Харанорский»	2240	1866	1888	1616	1545
АО «СУЭК-Кузбасс»	97108	87218	60810	31495	32276
ООО «Сибниуглеобогащение»	210	215	199	181	64
АО «Разрез Березовский»	2122	1917	2068	2704	2533
АО «Разрез Назаровский»	1752	1675	1075	1312	1585
ООО «Бородинский РМЗ»	166	183	114	55	82
АО «Разрез Тугнуйский»	29624	22513	20615	13821	12994
ООО «Тугнуйская обогатительная фабрика»	1787	1949	621	109	361
ООО «СУЭК-Хакасия»	14677	11111	11903	11659	9275
АО «Разрез Изыхский»	2257	1785	1253	1353	992
АО «Ургалуголь»	6529	5447	2683	959	1566
АО «Дальтрансуголь»	5353	5320	5243	5085	5085

Примечание. * – таблица составлена авторами с использованием источника [4].

Таблица 3

Матрица выигрышей по показателю «Рентабельность инвестиций в СБЕ, входящих в организационную структуру АО «СУЭК»

Матрица выигрышей	2018	2017	2016	2015	2014	W_i
ООО «Арктические разработки»	1,373	1,636	0,217	-1,271	3,781	-1,27092
ООО «Черновские ЦЭММ»	6,653	11,979	14,600	1,111	1,579	1,111111
АО «Разрез Харанорский»	112,000	666,429	1348,571	78,447	72,196	72,19626
АО «СУЭК-Кузбасс»	71,921	723,201	1407,639	539,298	3293,469	71,9212
ООО «Сибниуглеобогащение»	5,122	5,168	4,926	4,689	1,616	1,616162
АО «Разрез Березовский»	1178,889	416,739	689,333	643,810	506,600	416,7391

Окончание табл. 3						
Матрица выигрышей	2018	2017	2016	2015	2014	W_i
АО «Разрез Назаровский»	625,714	246,324	282,895	262,400	255,645	246,3235
ООО «Бородинский РМЗ»	75,455	114,375	33,529	9,821	29,286	9,821429
АО «Разрез Тугнуйский»	15,091	953,941	3681,250	2879,375	2165,667	15,09119
ООО «Тугнуйская обогатительная фабрика»	1489,167	97,450	12,420	0,991	3,282	0,990909
ООО «СУЭК-Хакасия»	39,412	566,888	1293,804	1324,886	1159,375	39,41192
АО «Разрез Изыхский»	2257,000	743,750	895,000	845,625	992,000	743,75
АО «Ургалуголь»	1,725	3,036	9,616	95,900	978,750	1,724694
АО «Дальтрансуголь»	347,597	374,648	639,390	529,688	577,841	347,5974
β_j	2257	953,940678	3681,25	2879,375	3293,4694	$W_s = 743,75$

Таблица 4

Матрица рисков централизованного финансирования инвестиционных программ АО «СУЭК»

Матрица выигрышей	2018	2017	2016	2015	2014	S_i
ООО «Арктические разработки»	2255,6266	952,305124	3681,03255	2880,6459	3289,68864	3681,033
ООО «Черновские ЦЭММ»	2250,3468	941,961511	3666,65	2878,2639	3291,89044	3666,65
АО «Разрез Харанорский»	2145	287,512107	2332,67857	2800,9284	3221,27313	3221,273
АО «СУЭК-Кузбасс»	2185,0788	230,740015	2273,61111	2340,0771	0	2340,077
ООО «Сибниуглеобогащение»	2251,878	948,772409	3676,32426	2874,6859	3291,85323	3676,324
АО «Разрез Березовский»	1078,1111	537,201548	2991,91667	2235,5655	2786,86939	2991,917
АО «Разрез Назаровский»	1631,2857	707,617149	3398,35526	2616,975	3037,82423	3398,355
ООО «Бородинский РМЗ»	2181,5455	839,565678	3647,72059	2869,5536	3264,18367	3647,721
АО «Разрез Тугнуйский»	2241,9088	0	0	0	1127,80272	2241,909
ООО «Тугнуйская обогатительная фабрика»	767,83333	856,490678	3668,83	2878,3841	3290,18757	3668,83
ООО «СУЭК-Хакасия»	2217,5881	387,052923	2387,44565	1554,4886	2134,09439	2387,446
АО «Разрез Изыхский»	0	210,190678	2786,25	2033,75	2301,46939	2786,25
АО «Ургалуголь»	2255,2753	950,904785	3671,63351	2783,475	2314,71939	3671,634
АО «Дальтрансуголь»	1909,4026	579,292791	3041,85976	2349,6875	2715,62848	3041,86

Определим структуру множества $S_{opt.}^{Q_s(r)}$ стратегий, оптимальных во множестве чистых стратегий по синтетическому критерию Вальда-Сэвиджа, по вышеизложенному алгоритму.

Показатели эффективности стратегий по критерию Вальда представлены в последнем столбце таблицы 3. Цена игры в чистых стратегиях по критерию Вальда: $W = 743,75$.

Из последнего столбца следует, что $W_{12} = W_s = 743,75$. Поэтому стратегия A12 оптимальна по критерию Вальда, а, следовательно, $S_{opt.}^{Q_w(r)} = \{A12\}$. Напомним, что под стратегией понима-

ется выбор приоритетной с позиции внутрифирменного кредитования очереди структурных подразделений. Например, стратегия A12 означает приоритетное финансирование в АО «Разрез Изыхский».

Составим матрицу рисков (таблица 4).

Показатели рассчитаны и представлены в последнем столбце таблицы 4. Цена игры по критерию Сэвиджа $S = 2241,909$. Множество стратегий $S_{opt.}^{Q_s(r)}$, оптимальных во множестве чистых стратегий по критерию Сэвиджа, состоит из одной стратегии A9, следовательно, $S_{opt.}^{Q_s(r)} = \{A9\}$.

Используя данные из таблиц 3 и 4, по формуле (10) рассчитаем значение критерия для каждой стратегии на концах отрезка [0, 1] и полученные результаты представим в таблице 5:

Таблица 5

Показатель эффективности на концах отрезка [0, 1]

i	Q _{WSi} (0) = -S _i	Q _{WSi} (1) = W _i
1	-3681,03255	-1,270920502
2	-3666,65	1,111111111
3	-3221,27313	72,19626168
4	-2340,07705	71,92119686
5	-3676,32426	1,616161616
6	-2991,91667	416,7391304
7	-3398,35526	246,3235294
8	-3647,72059	9,821428571
9	-2241,90881	15,09118696
10	-3668,83	0,990909091
11	-2387,44565	39,41192266
12	-2786,25	743,75
13	-3671,63351	1,724693576
14	-3041,85976	347,5974026

Из полученных результатов следует: левый конец $Q_{WS3}(0)$ отрезка $Q_{WS4}(r)$ стратегии А3, меньше показателя в левом конце стратегии А4, А9, А11; правый конец $Q_{WS3}(1)$ стратегии А3 больше правых концов стратегий А4, А9, А11. Таким образом, можно установить взаимные пересечения отрезков $Q_{WSi}(r), i=1, \dots, 14$, которые наглядно представлены в таблице 6.

Таблица 6

Пересечения отрезков $Q_{WSi}(r)$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1														
2														
3				x				x		x				
4			x			x		x						x
5										x				
6				x				x		x				
7														
8														
9			x	x		x								x
10						x								
11			x			x								x
12														
13														
14				x					x		x			

Отметка «х» означает пересечение отрезков. Далее найдем значения r на пересечении каждого отрезка, решая уравнение $Q_{WSi}(r) = Q_{WSj}(r)$. Получим следующие значения r для каждого пересечения: $r_{34} = 0,99968$; $r_{39} = 0,9449$; $r_{311} = 0,96216$; $r_{46} = 0,654$; $r_{49} = 0,63335$; $r_{414} = 0,71796$; $r_{510} = 0,92299$; $r_{69} = 0,65124$; $r_{611} = 0,615677$; $r_{914} = 0,70638$; $r_{1114} = 0,67984$.

Значения показателя эффективности $Q_{WSi}(r), i=1, \dots, 6$ при значениях $r = 0, r_{34}, r_{39}, r_{311}, r_{46}, r_{49}, r_{414}, r_{510}, r_{69}, r_{611}, r_{914}, r_{1114}$ 1 и номера стратегий в приоритетной последовательности для различных r представим в таблице 7.

Таблица 7

Определение приоритетной последовательности подразделений АО «СУЭК» по критерию Вальда-Сэвиджа

значение показателя r	Показатели эффективности Q _{WSi} (r) чистых стратегий Аi						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-3681	-3666,7	-3221,3	-2340,1	-3676,3	-2991,9	-3398,4
$0 < r < 0,616$	14	10	7	2	13	5	8
0,615677438	-1415,5	-1408,5	-1193,6	-855,06	-1411,9	-893,28	-1154,4
$0,616 < r < 0,633$	14	10	8	3	13	5	7
0,633350639	-1350,5	-1343,7	-1135,4	-812,44	-1346,9	-833,04	-1090
$0,633 < r < 0,651$	14	10	8	2,5	13	4	7
0,651243067	-1284,6	-1278	-1076,4	-769,28	-1281,1	-772,05	-1024,8
	14	10	8	2	13	3	7

Окончание табл. 7

Показатели эффективности Q_{wsi} (г) чистых стратегий A_i							
значение показателя г	1	2	3	4	5	6	7
$0,651 < r < 0,654$	14	10	8	2	13	3	7
0,654025663	-1274,4	-1267,8	-1067,3	-762,57	-1270,9	-762,57	-1014,6
	14	10	8	3	13	2	7
$0,654 < r < 0,680$	14	10	8	3	13	2	7
0,679840418	-1179,4	-1173,2	-982,24	-700,3	-1175,9	-674,57	-920,56
	14	10	8	3	13	2	7
$0,680 < r < 0,706$	14	10	8	3	13	2	7
0,70638517	-1081,7	-1075,8	-894,82	-636,28	-1078,3	-584,09	-823,81
	14	10	8	3	13	2	7
$0,706 < r < 0,718$	14	10	8	3	13	2	7
0,71796645	-1039,1	-1033,3	-856,67	-608,34	-1035,7	-544,62	-781,6
	14	10	8	3,5	13	2	7
$0,718 < r < 0,923$	14	10	8	3	13	2	7
0,92299381	-284,64	-281,33	-181,42	-113,82	-281,61	154,25	-34,339
	14	11	8	5	13	2	4
$0,923 < r < 1$	14	11	8	5	13	2	4
1	-1,2709	1,11	72,196	71,92	1,6161	416,73	246,324
	14	12	5	6	11	2	4
Показатели эффективности Q_{wsi} (г) чистых стратегий A_i							
значение показателя г	8	9	10	11	12	13	14
0	-3647,7	-2241,9	-3668,8	-2387,4	-2786,3	-3671,6	-3041,9
	9	1	11	3	4	12	6
$0 < r < 0,616$	9	1	11	3	4	12	6
0,615677438	-1395,9	-852,32	-1409,4	-893,28	-612,91	-1410	-955,05
	9	2	11	4	1	12	6
$0,616 < r < 0,633$	9	2	11	4	1	12	6
0,633350639	-1331,2	-812,44	-1344,5	-850,39	-550,52	-1345,1	-895,14
	9	2,5	11	5	1	12	6
$0,633 < r < 0,651$	9	3	11	5	1	12	6
0,651243067	-1265,8	-772,05	-1278,9	-806,97	-487,36	-1279,4	-834,5
	9	4	11	5	1	12	6
$0,651 < r < 0,654$	9	4	11	5	1	12	6
0,654025663	-1255,6	-765,77	-1268,7	-800,22	-477,54	-1269,2	-825,07
	9	4	11	5	1	12	6
$0,654 < r < 0,680$	9	4	11	5	1	12	6
0,679840418	-1161,2	-707,51	-1173,9	-737,57	-386,41	-1174,3	-737,57
	9	4	11	5	1	12	6
$0,680 < r < 0,706$	9	4	11	5	1	12	6
0,70638517	-1064,1	-647,6	-1076,5	-673,15	-292,71	-1076,8	-647,6
	9	4	11	6	1	12	5
$0,706 < r < 0,718$	9	4	11	6	1	12	5
0,71796645	-1021,7	-621,46	-1034	-645,04	-251,83	-1034,3	-608,34
	9	5	11	6	1	12	3,5
$0,718 < r < 0,923$	9	5	11	6	1	12	4
0,92299381	-271,83	-158,71	-281,61	-147,47	471,91	-281,15	86,5882
	9	7	12	6	1	10	3
$0,923 < r < 1$	9	7	12	6	1	10	3
1	9,82143	15,0912	0,99091	39,411	743,75	1,72469	347,597
	9	8	13	7	1	10	3

Таким образом для каждой последовательности рассчитаны показатели эффективности, которые далее ранжированы в невозрастающем порядке. Каждому значению присвоен порядковый номер (в таблице 7 номера проставлены под показателями эффективности).

В случае, если номера некоторых показателей эффективности в одной строке совпадают, то для соответствующих стратегий номера в приоритетной последовательности можно менять.

Если ищется номер чистой стратегии в приоритетной последовательности для r , находящемся в некотором интервале, то стратегии будет присвоен номер места в приоритетной последовательности, общий для концов этого интервала. Например, для стратегии А1 общим порядковым номером места в приоритетной последовательности является номер 14 при значении выигрыш-показателя на концах интервала $(0,923;1)$. Следовательно, при любом значении r из данного интервала стратегия А1 займет 14 место.

На основе проведенных расчетов получена следующая приоритетная последовательность подразделений АО «СУЭК» – объектов централизованного финансирования инвестиционной деятельности, которую следует учитывать при выборе внутрифирменной стратегии управляющей компании: АО «Разрез Изыхский, АО «Разрез Березовский, АО «Дальтрансуголь», АО «Разрез Назаровский, АО «Разрез Харанорский», АО «СУЭК-Кузбасс, ООО «СУЭК-Хакасия,

АО «Разрез Тугнуйский», ООО «Бординский РМЗ», АО «Ургалуголь», ООО «Сибниииуглеобогащение, ООО «Черновские ЦЭММ», ООО «Тугнуйская обогатительная фабрика», ООО «Арктические разработки».

Заключение и выводы

В статье представлен оригинальный комплекс экономико-математических моделей и методов многоуровневой оптимизации инвестиционной деятельности структурных подразделений вертикально-интегрированного холдинга с частично-децентрализованной организационной структурой. Основное внимание авторы уделили методологии выбора приоритетной очереди заявок на трансфертное кредитование инвестиционных проектов подразделений из централизованного фонда холдинга. Предложено для этой и подобных задач внутрифирменного планирования и управления использовать инструментальные средства «игр с природой» и, в том числе, алгоритмы ранжирования, построенные на основе синтетического критерия Вальда-Сэвиджа.

Результаты верификации разработанных моделей и численных методов на объектах АО «СУЭК» подтвердили их соответствие сформулированной цели исследования и перспективы использования в практической деятельности крупных производственных предприятий корпоративного сектора российской экономики.

Библиографический список

1. Аббясова Д.Р. Методы оценки подразделений интегрированной группы предприятий по уровню риска // Сб. ст. по материалам международной научно-практической конференции: «Роль значимые современной науки и техники для развития общества». – 2017. – С. 15-20.
2. Аббясова Д.Р., Шабалина У.М. Классификация и методы управления рисками производственной сферы предприятия // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10 (ч.2). – С. 368-374.
3. Безухов Д.А., Халиков М.А. Выбор оптимального варианта обновления основного капитала предприятия с учетом рисков производственной сферы // Фундаментальные исследования. 2015. – № 4. – С. 191-198.
4. Бухгалтерская (финансовая) отчетность подразделений АО «СУЭК» / Бухгалтерская (финансовая) отчетность предприятий [Электронный ресурс]. – Ресурс доступа: <http://e-ecolog.ru> (дата обращения: 25.11.2019).
5. Вертикально интегрированный холдинг / Энергетика и промышленность России – газета [Электронный ресурс]. – Ресурс доступа: <http://www.eprussia.ru/epr/21/1372.html> (дата обращения 03.12.2019).

6. Дамодаран А. Инвестиционная оценка: Инструменты и методы оценки любых активов / Асват Дамодаран; Пер. с англ. – 11-е изд. – М.: Альпина Паблишер, 2019 – 1318 с.
7. Иванова В.О. Особенности менеджмента вертикально-интегрированной компании // Российское предпринимательство. – 2011. – Том 12. – № 11. – С. 55-60.
8. Классификация и структура холдингов в современных условиях / Портал Юрист [Электронный ресурс]. – Ресурс доступа: <https://lawbook.online/hozyaystvennoe-pravo-rossii-kniga/klassifikatsiya-struktura-holdingov-23558.html> (дата обращения 23.11.2019).
9. Лабскер Л., Яценко Н., Амелина А. Очередность кредитования банком корпоративных заемщиков. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 230 с.
10. Максимов Д.А., Маркина В.С. Особенности оценки и учета риска рыночной деятельности предприятий вертикально-интегрированного холдинга // Фундаментальные исследования. – 2019. – № 4 – С. 71-77.
11. Найт Ф. Риск, неопределенность и прибыль. М.: Дело, 2003. – 352 с.
12. Официальный сайт АО «СУЭК» [Электронный ресурс]. – Ресурс доступа: <http://suek.ru> (дата обращения: 15.11.2019).
13. Смирнова И.А. Оценка изменения акционерной ценности российских компаний: сравнение ценностно-ориентированных и бухгалтерских показателей // Финансовый менеджмент. – 2007. – № 1 [Электронный ресурс]. – Ресурс доступа: <http://www.finman.ru/articles/2007/1/4718.html> (дата обращения: 23.11.2019).
14. Тихомиров Н.П., Риск-анализ в экономике/ Н.П. Тихомиров, Т.М. Тихомирова. – Москва: ЗАО «Издательство «Экономика», 2010. – 318 с.
15. Халиков М.А. Методы анализа и оценки риска рыночной деятельности подразделений иерархической производственной структуры // Менеджмент в России и за рубежом. – 2009. – № 1. – С. 108–120.
16. Халиков М.А., Максимов Д.А. Концепция и теоретические основы управления производственной сферой предприятия в условиях неопределенности и риска // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10–4. – С. 711–719.
17. Халиков М.А., Никифорова М.А., Модели оценки критического объема производства многономенклатурного предприятия с учетом рыночного риска // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 11 – С. 248-252.
18. Халиков М.А., Хечумова Э.А., Щепилов М.В. Модели и методы выбора и оценки эффективности рыночной и внутрифирменной стратегий предприятия. М: Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, 2015. – 595 с.
19. Шабалина У.М. Показатели риска производственной и финансовой сфер предприятий интегрированной группы // Путеводитель предпринимателя. – 2017. – № XXXIV. – С. 305-321.