УДК 658.5;658.012.2

DOI: 10.18384/2310-6646-2017-4-93-101

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЁТОМ АУТСОРСИНГА И НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ЦЕН НА НЕФТЬ И НЕФТЕПРОДУКТЫ

Новоселов А.Л.¹, Новоселова И.Ю.¹, Желтенков А.В.²

¹Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова,
115054, г. Москва, Стремянный пер., д. 36, Российская Федерация

²Московский государственный областной университет
105005, г. Москва, ул. Радио, д. 10А, Российская Федерация

АннотацияНациональный фонд подготовки кадров В статье проводится построение математической модели формирования производственной программы предприятия в соответствии с процессом производства технических масел. Особенностью предлагаемой модели является отражение различных вариантов передачи сырья и промежуточной продукции на аутсорсинг. Кроме того, в модели учитывается неопределённость цен на сырьё (нефть марки "Urals") и цен на производимую продукцию. Авторами предлагается вероятностный критерий максимизации прибыли, который удаётся привести к детерминированному эквиваленту. Предложенная модель была использована в реальных расчётах при помощи авторского программного обеспечения. В заключении авторами раскрываются варианты развития модели – учёт ущерба окружающей среде, возможностей импортозамещения, страхования риска загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: оптимальная программа, экономико-математическая модель, критерий оптимальности, вероятность достижения, гиперболическое программирование, неопределённость цен, производственный процесс.

ENTERPRISE PLANNING OPTIMIZATION CONSIDERING OUTSOURCING AND INSTABILITY OF OIL AND PETROLEUM PRODUCT PRICE RATES

A. Novoselov¹, I. Novoselova¹, A. Zheltenkov²

¹Plekhanov Russian University of Economics
36, Stremyanny lane, Moscow, 115054, Russian Federation

²Moscow Region State University
10A, Radio st., Moscow, 105005, Russian Federation

Abstract. The article presents a mathematical model of enterprise production program in connection with technical oils production. The peculiarity of the proposed model is in its reflection of assorted options for raw materials and semi-finished products outsourcing. In addition, the model considers the uncertainty of raw material prices (Urals oil) and the prices for manufactured goods. The authors propose a probabilistic criterion for profit maximization, which can be reduced to a determined equivalent. The proposed model was used in real calculations using the authors' software. In conclusion, the authors show the options for the model development

taking into account the following criteria: environmental damage, import substitution opportunities, and environmental pollution risk insurance.

Key words: optimal program, economic-mathematical model, optimality criterion, probability of achievement, hyperbolic programming, price uncertainty, production process.

Постановка задачи

Формирование оптимального плана производства промышленных предприятий является актуальной задачей, которая постоянно адаптируется к различным особенностям производства, учитывает новые факторы внешней среды. В настоящее время разработан широкий спектр моделей формирования оптимальной производственной программы предприятия [2]. В числе известных подходов следует особо выделить модели формирования годовой производственной программы предприятия, основанные на многокритериальной оптимизации [4; 5].

Особенностью рассматриваемой задачи является исследование предприятия по изготовлению смазочных материалов с пятью основными цехами, оснащёнными оборудованием по производству масел, которое ограничено в плане производства их соответствующими мощностями. При превышении объёма производства можно воспользоваться услугами сторонних предприятий, т. е. аутсорсингом. Схема производства масел на предприятии с возможностью аутсорсинга приведена на рис. 1. Сплошными стрелками показаны потоки продукции в основном производстве, пунктирными – при передаче на аутсорсинг.

Рис. 1. Схема производства масел с возможностью аутсорсинга на разных стадиях производства

Предприятие выпускает $j=1,2,...,n$ видов масел, в т. ч. масла для коммерческого автотранспорта, масла для механической трансмиссии, универсальные трактор-

ные масла (STOU), универсальные трансмиссионно-гидравлические масла, гидравлические масла, редукторные масла, компрессорные масла, масла закалочные и теплоносители, масла для прокатных станов, циркуляционные масла и т. д.

Основные производимые виды масел производятся путём ввода присадок в нефтяные базовые масла, получаемые на производстве с помощью гидрокрекинга нефтепродуктов (мазута и высококипящих фракций нефти) или дистилляции нефти. Масла по типу присадок делятся на ГОСТ (соответствуют российским стандартам качества по вязкости, очистке) и Премиум (соответствуют мировым стандартам качества). Последние имеют большую себестоимость и цену. Современное производство включает три фазы переработки: нефть перерабатывается в мазут, мазут – в высококипящие фракции нефти (ВФН), ВФН очищается от примесей выщелочением, селективной, адсорбционной или кислотнo-щелочной очисткой или с помощью многоступенчатого органического синтеза индивидуальных органических соединений, полученных из ВФН. Продуктом переработки ВФН являются базовые масла, наиболее ликвидный продукт переработки, который может быть перепродан третьим лицам по ценам, приближенным к котировкам БМ, таким как ICIS Base oil SN150 SN500 или ARGUS Base oil SN150 SN500. Далее происходит добавление присадок, регуляторов вязкости и антиоксидантов. Производственный процесс завершается добавлением красителей. Цеха предприятия имеют ограниченную мощность, поэтому может быть экономически оправдана схема производства с использованием аутсорсинга (рис. 1). В настоящее время в России существует девять крупных заводов смазочных материалов (2 предприятия принадлежат компании «Газпром нефть», 1 – «Роснефть», 3 – «Лукойл», 3 предприятия софинансируются перечисленными корпорациями и предоставляют услуги аутсорсинга). Поэтому в модели рассматриваются 3 сторонних предприятия для аутсорсинга.

В данных условиях требуется определить оптимальный объём производства на основе оптимизационной экономико-математической модели.

Экономико-математическая модель решения поставленной задачи

Для определения оптимального объёма производства требуется решить оптимизационную задачу. Для того чтобы найти решение задачи, необходимо сформулировать математическую модель. Введём следующие переменные:

X_1^H – искомый объём закупаемой нефти для переработки;

ΔX_1^H – искомый объём нефти для переработки, передаваемой на аутсорсинг;

$X_1^M (X_1^{ВФН}, X_1^{БМ}, X_{1j}^{МП}, X_{1j}^{МК})$ – искомый объём производимого на предприятии мазута (высококипящих фракций нефти, базового масла, масла с присадками, подготовленного масла с красителями, соответственно). Последние два продукта рассматриваются в разрезе отдельных видов масел ($j=1,2,...,n$);

$X_2^M (X_2^{ВФН}, X_2^{БМ})$ – искомый объём производимого в рамках аутсорсинга мазута (высококипящих фракций нефти, базового масла соответственно);

$\Delta X_2^M (\Delta X_2^{BFH})$ – передаваемый объём производимого в рамках аутсорсинга мазута (высококипящих фракций нефти);

$k^M (k^{BFH}, k^{BM}, k^{MP}, k^{MK})$ – коэффициенты использования сырья при производстве промежуточного (конечного) продукта по цехам предприятия;

$a_i^M (a_i^{BFH}, a_i^{BM}, a_{ij}^{MP}, a_{ij}^{MK})$ – коэффициенты затрат ресурсов при производстве промежуточного (конечного) продукта по цехам предприятия i ($i=1$ для предприятия; $i=2$ для предприятия-аутсорсинга). Последние два продукта рассматриваются в разрезе отдельных видов масел ($j=1,2,...,n$);

$B_i^M (B_i^{BFH}, B_i^{BM}, B_i^{MP}, B_i^{MK})$ – ресурс в производстве промежуточного (конечного) продукта по цехам предприятия i ($i=1$ для предприятия; $i=2$ для предприятия-аутсорсинга).

Завод ограничен мощностями взаимосвязанной переработки – при максимальной мощности переработки нефти марки "Urals" получается объём мазута, равный максимальной мощности переработки мазута, при котором производится объём высококипящих фракций нефти, равный максимальной мощности блока переработки ВФН. Аналогичная схема производства на сторонних заводах. Средняя продолжительность полного цикла переработки нефти – сутки, и расчёт производится суточными мощностями. Фасовочный цех на большинстве перерабатывающих заводов загружен менее чем на 40% своих мощностей, поэтому при моделировании и прогнозировании объёма производства не ставятся ограничения на мощность фасовки. Исходя из организационно-технологических особенностей производства, следует учитывать следующие ограничения (табл. 1, 2).

Для построения критерия оптимальности – максимизации прибыли предприятия – необходимо ввести дополнительные обозначения:

$T^H (T^M, T^{BFH})$ – удельные затраты на транспортировку нефти (мазута, высококипящих фракций нефти) в рамках аутсорсинга;

Z^{BM} – удельные затраты на приобретение базового масла в рамках аутсорсинга;

P^H – цена на нефть марки "Urals";

$S^M (S^{BFH}, S^{BM}, S_j^{MP}, S_j^{MK})$ – удельные затраты на каждой стадии производства на основном предприятии;

C_j^{MK} – цена реализации j -го вида масла;

$Z^{пост}$ – постоянные затраты (затраты на оплату труда, энергетику, безопасность, коммерческие, общехозяйственные, административно-управленческие расходы, различные для каждого экономического сценария).

Таблица 1

Ограничения, отражающие организационно-технологические особенности производства

Передача нефти на аутсорсинг не может превышать закупленного объема	$\Delta X_1^H \leq X_1^H$	(1)
Цех 1: Ограничение по объёму нефти марки Urals	$k_1^M X_1^M \leq X_1^H - \Delta X_1^H$	(2)
Цех 1: ограничение по объёму производственных мощностей	$a_1^M X_1^M \leq B_1^M$	(3)
Аутсорсинг цех 1: Ограничение по объёму нефти марки Urals	$k_2^M X_2^M \leq \Delta X_1^H$	(4)
Аутсорсинг цех 1: ограничение по объёму производственных мощностей	$a_2^M X_2^M \leq B_2^M$	(5)
Цех 2: Ограничение по объёму мазута	$k_1^{BFH} X_1^{BFH} \leq X_1^M - \Delta X_1^M$	(6)
Цех 2: ограничение по объёму производственных мощностей	$a_1^{BFH} X_1^{BFH} \leq B_1^{BFH}$	(7)
Аутсорсинг цех 2: Ограничение по объёму мазута	$k_2^{BFH} X_2^{BFH} \leq X_1^M + \Delta X_1^M$	(8)
Аутсорсинг цех 2: ограничение по объёму производственных мощностей	$a_2^{BFH} X_2^{BFH} \leq B_2^{BFH}$	(9)
Цех 3: Ограничение по объёму высококипящих фракций нефти	$k_1^{BM} X_1^{BM} \leq X_1^{BFH} - \Delta X_1^{BFH}$	(10)
Цех 3: ограничение по объёму производственных мощностей	$a_1^{BM} X_1^{BM} \leq B_1^{BM}$	(11)
Аутсорсинг цех 3: Ограничение по объёму высококипящих фракций нефти	$k_2^{BM} X_2^{BM} \leq X_1^{BFH} + \Delta X_1^{BFH}$	(12)
Аутсорсинг цех 3: ограничение по объёму производственных мощностей	$a_2^{BM} X_2^{BM} \leq B_2^{BM}$	(13)
Цех 4: Ограничение по объёму базового масла	$k_2^{BM} X_2^{BM} \leq X_1^{BFH} + \Delta X_1^{BFH}$	(14)
Цех 4: ограничение по объёму базового масла	$a_1^{MP} X_1^{MP} \leq B_1^{MP}$	(15)
Цех 5: Ограничение по объёму масла с присадками	$k_1^{MK} X_1^{MK} \leq X_1^{MP}$	(16)
Цех 5: ограничение по объёму масла с присадками	$a_1^{MK} X_1^{MK} \leq B_1^{MK}$	(17)

Таблица 2

Затраты на аутсорсинг и на производство на основном предприятии определяются по формулам

Затраты на приобретение продукции в рамках аутсорсинга	$ZU = T^H \Delta X_1^H + T^M \Delta X_1^M + T^{BFH} \Delta X_1^{BFH} + Z^{BM} X_2^{BM}$	(18)
Затраты на основном предприятии	$ZS = S^M X_1^M + S^{BFH} X_1^{BFH} + S^{BM} X_1^{BM} + \sum_{j=1}^n S_j^{MP} X_j^{MP} + \sum_{j=1}^n S_j^{MK} X_j^{MK}$	(19)

Тогда критерий модели "максимизация суммарной прибыли предприятия" будет определяться следующим образом:

$$\sum_{j=1}^n C_j^{MK} X_j^{MK} - P^H X^H - ZU - ZS - Z^{nocm} \rightarrow \max \quad (20)$$

Учёт неопределённости цен на нефть и нефтепродукты

В условиях высокой волатильности цен на нефть и нефтепродукты цена на производимые продукты (виды масла) определяется по формуле $P_j^H = P_j^0 + P_j^1 \tau(\omega)$, а цена на нефть марки Urals определяется по формуле $C_j^{MK} = C_j^0 + C_j^1 \tau(\omega)$, где $\tau(\omega)$ – случайная величина [5].

В такой постановке необходимо максимизировать вероятность того, что прибыль от производства $j=1,2,...,n$ видов масел будет больше или равна заданной величине $\mathfrak{R}$:

$$P\left(\sum_{j=1}^n C_j^{MK} X_j^{MK} - P^H X^H - ZU - ZS - Z^{nocm} \geq \mathfrak{R}\right) \rightarrow \max \quad (21)$$

при ограничениях (1–19).

Для критерия (21) проведём построение детерминированного эквивалента:

$$\begin{aligned} & P\left(\sum_{j=1}^n C_j^{MK} X_j^{MK} - P^H X^H - ZU - ZS - Z^{nocm} \geq \mathfrak{R}\right) = \\ & = P\left(\sum_{j=1}^n (C_j^0 + C_j^1 \tau(\omega)) X_j^{MK} - (P^0 + P^1 \tau(\omega)) X^H - ZU - ZS - Z^{nocm} \geq \mathfrak{R}\right) = \\ & = P\left(\tau(\omega) \geq \frac{\mathfrak{R} + ZU + ZS + Z^{nocm} + P^0 X^H - \sum_{j=1}^n C_j^0 X_j^{MK}}{\sum_{j=1}^n C_j^1 X_j^{MK} - P^1 X^H}\right) \rightarrow \max \end{aligned}$$

Отсюда окончательно получаем экономико-математическую модель, позволяющую найти объёмы производства масел с учётом возможности аутсорсинга и неопределённости цен на нефть и нефтепродукты:

$$\frac{\mathfrak{R} + ZU + ZS + Z^{nocm} + P^0 X^H - \sum_{j=1}^n C_j^0 X_j^{MK}}{\sum_{j=1}^n C_j^1 X_j^{MK} - P^1 X^H} \rightarrow \min \quad (22)$$

при ограничениях (1–9).

Модель (22, 1–19) является моделью гиперболического программирования, для решения которой можно рекомендовать метод Чарнса и Купера или метод гиперболического программирования.

Результаты апробации и развитие модели

Данная модель была расширена за счёт учёта договоров на поставку масел (форвардных сделок) и учёта предельных объёмов продаж, найденных маркетинговым отделом. В условиях начавшейся реиндустриализации экономики России предложенная экономико-математическая модель может быть использована на предприятиях различных отраслей промышленности. При адаптации модели к конкретным условиям производства изменения коснутся системы ограничений и отчасти некоторых составляющих критерия оптимальности. Следует отметить, что в современных условиях необходимо учитывать возможности импортозамещения [2], в целевой функции модели ущерба от загрязнения окружающей среды [1], страхования риска загрязнения окружающей среды [7]. Это приведёт к изменению расчёта себестоимости производимой продукции [8]. Для предприятий, обладающих значительным периодом функционирования (например, Череповецкий металлургический комбинат), весьма актуальными представляются учёт накопленного ущерба и привлечение средств от производственной деятельности для экологической реабилитации загрязненной территории [6].

Рассмотренная модель была реализована в MS-Excel со специально написанным макросом на языке VBA. Результаты расчётов продемонстрировали высокую эффективность используемых методов, а также адекватность найденного оптимального варианта производства масел и передачи части промежуточной продукции на аутсорсинг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишняков Я.Д., Кирсанов К.А., Новоселов А.Л., Киселева С.П., Попова С.А., Тулупов А.С. К вопросу о рассмотрении теории ущерба как базы оценки экологических экстерналий в экономике // Вестник университета (Государственный университет управления). 2011. № 26. С. 89–92.
2. Глухов В.В., Медников М.Д. Математические модели менеджмента: учеб. пособие. М.: Лань, 2017. 500 с.
3. Желтенков А.В., Прохвятилов А.М., Моттаева А.Б. Формирование стратегий импортозамещения отечественными предприятиями в условиях санкций // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2017. № 1. С. 40–47.
4. Зак Ю.А. Прикладные задачи многокритериальной оптимизации. М.: Экономика, 2014. 455 с.
5. Новоселов А.Л., Новоселова И.Ю., Мелехин Е.С. Экономическая оценка минеральных ресурсов с учётом риска и неопределенности // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2014. № 6. С. 29–33.
6. Потравный И.М., Гассий В.В. Методология проектного управления ликвидацией накопленного экологического ущерба // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. Гуманитарные и общественные науки. 2017. № 2 (87). С. 68–76.
7. Тулупов А.С. Расчётно-методический инструментарий страхования риска загрязнения окружающей среды // Экономика и математические методы. 2014. Т. 50. № 1. С. 24–36.

8. Тулупов А.С., Авраменко А.А., Петрова Л.В. Структурирование издержек загрязнения окружающей среды // Региональные проблемы преобразования экономики. 2015. № 7 (57). С. 46–59.

REFERENCES

1. Vishnyakov Ya.D., Kirsanov K.A., Novoselov A.L., Kiseleva S.P., Popova S.A., Tulupov A.S. [Towards the Issue of the Consideration of the Theory of Prejudice as a Basis for Environmental Externalities Estimation in Economy]. In: *Vestnik Universiteta (Gosudarstvennyi universitet upravleniya)* [Bulletin of the University (State University of Management)], 2011, no. 26, pp. 89–92.
2. Glukhov V.V., Mednikov M.D. *Matematicheskiye modeli menedzhmenta* [Mathematical Models of Management]. Moscow, Lan' Publ., 2017. 500 p.
3. Zheltenkov A.V., Prokhvatilov A.M., Mottaeva A.B. [Planning Strategies of Import Substitution by Domestic Enterprises under Sanctions]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Ekonomika* [Bulletin of Moscow Region State University. Series: Economics], 2017, no. 1, pp. 40–47.
4. Zak Yu.A. *Prikladnyye zadachi mnogokriterial'noy optimizatsii* [Applied problems of multicriteria optimization]. Moscow, Ekonomika Publ., 2014. 455 p.
5. Novoselov A.L., Novoselova I.Yu., Melekhin E.S. [Economic Evaluation of Mineral Resources Taking into Account Risk and Uncertainty]. In: *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie* [Mineral resources of Russia. Economics and Management], 2014, no. 6, pp. 29–33.
6. Potravnyi I.M., Gassii V.V. [The Methodology of Project Management to Eliminate Accumulated Environmental Damage]. In: *Vestnik Rossiiskogo fonda fundamental'nykh issledovaniy. Gumanitarnye i obshchestvennye nauki* [Bulletin of the Russian Foundation for Basic Research. Humanities and Social Sciences], 2017, no. 2 (87), pp. 68–76.
7. Tulupov A.S. [Calculation and Methodical Tools of Environmental Pollution Risk Insurance]. In: *Ekonomika i matematicheskie metody* [Economics and Mathematical Methods], 2014, vol. 50, no. 1, pp. 24–36.
8. Tulupov A.S., Avramenko A.A., Petrova L.V. [Structuring Costs of Environmental Pollution]. In: *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki* [Regional Problems of Economic Transformation], 2015, no. 7 (57), pp. 46–59.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Новоселов Андрей Леонидович – доктор экономических наук, профессор кафедры математических методов в экономике Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова;
e-mail: alnov2004@yandex.ru

Новоселова Ирина Юрьевна – доктор экономических наук, профессор кафедры математических методов в экономике Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова;
e-mail: iunov2010@yandex.ru

Желтенков Александр Владимирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента и государственного управления Москов-

ского государственного областного университета;
e-mail: kaf-menedg@mgou.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Andrey L. Novoselov – Doctor of Economics, professor at the Department of Mathematical Methods in Economics, Plekhanov Russian University of Economics;
e-mail: alnov2004@yandex.ru

Irina Yu. Novoselova – Doctor of Economics, professor at the Department of Mathematical Methods in Economics, Plekhanov Russian University of Economics;
e-mail: iunov2010@yandex.ru

Alexander V. Zheltenkov – Doctor of Economics, professor, Head of the Department of Management and Public Administration, Moscow Region State University;
e-mail: kaf-menedg@mgou.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Новоселов А.Л., Новоселова И.Ю., Желтенков А.В. Оптимизация планирования предприятия с учётом аутсорсинга и неопределённости цен на нефть и нефтепродукты // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2017. № 4. С. 93-101
DOI: 10.18384/2310-6646-2017-4-93-101

FOR CITATION

Novoselov A.L., Novoselova I.Yu., Zheltenkov A.V. Enterprise Planning Optimization Considering Outsourcing and Instability of Oil and Petroleum Product Price Rates. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Economics*, 2017, no. 4, pp. 93-101
DOI: 10.18384/2310-6646-2017-4-93-101