

Владимир БУЦЬ

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь  
e-mail: butz\_wladimir@rambler.ru*

УДК 338.246.025.2:637.1.02

<https://doi.org/10.29235/1818-9806-2023-12-65-73>

## **Моделирование параметров энергопотребления молокоперерабатывающего предприятия**

Рассмотрена проблема высокой энергоемкости белорусской молочной продукции в сравнении с основными конкурентами, что приводит к ее недостаточной энергоэффективности в связи с несовершенной методологической базой оценки энергопотребления. Сформулированы научные предложения по корректировке порядка расчета показателя энергоресурсосбережения и моделированию параметров энергопотребления, позволяющие обеспечить системное управление данным процессом.

*Ключевые слова:* энергосбережение, энергоемкость молочной продукции, переработка молока, система управления предприятием, моделирование параметров энергопотребления.

Uladzimir BUTS

*Belarusian State Agricultural Academy,  
Gorki, Republic of Belarus  
e-mail: butz\_wladimir@rambler.ru*

## **Modeling of energy consumption parameters of a dairy enterprise**

The problem of high energy intensity of Belarusian dairy products in comparison with the main competitors, leading to their insufficient energy efficiency due to an imperfect methodological basis for assessing energy consumption, is considered. Scientific proposals have been formulated for adjusting the procedure for calculating the energy and resource saving indicator and modeling energy consumption parameters, allowing for systematic management of this process.

*Keywords:* energy saving, energy intensity of dairy products, milk processing, enterprise management system, modeling of energy consumption parameters.

### **Введение**

В рыночных условиях перерабатывающие предприятия АПК представляют собой сложную экономическую систему, в которой внутренняя и внешняя среда постоянно изменяются. В результате возникает необходимость варьировать формы и методы механизма управления, применяя современные компьютерные технологии. Необходимо учитывать такие особенности развития организаций перерабатывающей промышленности, как производственная, регламентирующая и потребительская среда.

© Буць В., 2023

Моделирование производственной среды направлено на анализ условий, связанных с заготовкой и покупкой основных видов сырья; с его распределением для получения конкретных видов конечных продуктов; с соблюдением применяемых технологий, стандартов качества продукции, дифференциации ассортимента; с освоением выпуска новых видов изделий, экономии энергоресурсов. В производственной системе особое значение придается технической и технологической подготовке процессов, для чего в задаче количество готовой продукции и полуфабрикатов увязывается с возможностями предельной загрузки оборудования с минимальными затратами на энергоресурсы.

Моделирование регламентирующей среды направлено на учет директивных показателей, определяемых на вышестоящем уровне (исполнительными органами, управлениями, министерствами и т. д.). К ним относится количество выделяемых ресурсов (сырье, материалы, оборудование, топливо и энергия) из бюджета в счет выполнения комплексных целевых программ и др. Для некоторых отраслей перерабатывающей сферы учитывается регламентирование по рентабельности производства продукции с установлением предельных оптовых отпускных цен. Перспективное моделирование должно предусматривать свободу ценообразования в рыночной экономике, т. е. возможное колебание цен на сырье и продукты.

Несомненно, что нужно учесть и математически описать факторы потребительской среды (спрос, каналы торговой сети). Информация может быть получена путем маркетинговых исследований емкости рынка, на основе анкетного опроса населения (покупателей). В конечном итоге определяется уровень удовлетворения спроса на продукты в разрезе ассортимента, количественных и качественных характеристик.

Модельная программа развития молокоперерабатывающего предприятия с учетом параметров энергопотребления направлена на оценку технических, технологических, маркетинговых и финансовых условий, что позволит обеспечить ее адекватность реальным процессам производства. В условиях рыночного характера экономики решение задачи ориентируется на максимизацию получения прибыли [1, с. 26].

Любая сбалансированная программа для перерабатывающей организации требует создания механизма реализации оптимальных параметров на основе принятия своевременных управленческих решений в условиях рыночной среды. Для этого необходимо: проанализировать программу производства и сбыта продукции предприятия с целью возможной корректировки, а также для получения других вариантов предполагаемых сценариев его развития; провести экспертизу и разработать мероприятия многоступенчатой процедуры материального воплощения расчетов в производство.

Рассмотренные задачи решаются путем взаимосвязи оптимального проекта с внешней средой по следующим позициям [2]:

технико-технологическая: детализация полученной программы на основе составления рабочих графиков и схем с выбором новых систем машин, механизмов и оборудования; с определением технологий и процессов по выпуску продуктов, конкурентоспособных на рынках страны и за рубежом; с уточнением параметров по реконструкции того или иного цеха, подразделения, если целесообразность такого подхода доказана при решении экономико-математической задачи;

коммерческо-маркетинговая: возможная оценка рыночного риска; разработка многосторонних договоров на основе оптимизационного варианта решения задачи; проведение предварительных переговоров с потребителями и поставщиками для последующего заключения контрактов и коммерческих сделок; совершенствование экономических взаимоотношений на основе различных моделей сотрудничества сельскохозяйственных организаций и перерабатывающих предприятий АПК.

Цель исследования – сформулировать современный концепт управления энергосбережением на молокоперерабатывающем предприятии, основным инструментом которого является моделирование ассортимента, позволяющего максимизировать маржинальную прибыль, принимая во внимание параметры энергопотребления. Для этого необходимо ввести ограничение потребления топлива и энергии на производство некоторых видов продукции и учесть расход этих ресурсов отдельно от общих переменных затрат [3, с. 181–227].

## **Материалы и методы**

Моделирование параметров энергосбережения проведено на материалах молокоперерабатывающего предприятия ОАО «Здравушка-Милк». История его создания берет начало с Борисовского молочного комбината. В процессе деятельности ОАО «Здравушка-Милк» было неоднократно преобразовано преимущественно путем реорганизации и присоединения ОАО «Логойский маслодельно-сыродельный завод» в 2006 г., ОАО «Холопеничский маслодельно-сыродельный завод» в 2009 г., ОАО «Березинский сыродельный завод» в 2012 г., в 2013 г. – сельскохозяйственных предприятий ОАО «Щавры» (Крупский район), ОАО «Поплавы-агро», ОАО «Новино» (Березинский район). Предприятие расположено на территории трех районов: в Борисове находится головное предприятие; в Березинском районе – сельскохозяйственный филиал «Здравушка-агро»; в Крупском районе – Холопеничский филиал, сельскохозяйственный филиал «Щавры».

Основным научным приемом, используемым в исследовании процесса энергосбережения по материалам типичного молокоперерабатывающего предприятия, выступило моделирование параметров энергопотребления. Предложено дополнить базовую структурную модель оптимизации ассортимента продукции ограничениями:

по потреблению топливно-энергетических ресурсов

$$\tilde{y}_{i'} \leq \Theta_{\text{птЭР}}, i' \in I_1;$$

по формированию переменных затрат на топливно-энергетические ресурсы

$$\hat{y}_{i'} \leq VC, i' \in I_1,$$

где  $\tilde{y}_{i'}$  – расход энергоресурсов на выработку продукции вида  $i'$ ;  $i$  – номер вида ресурса (сырья, труда, энергии, основных производственных средств);  $i'$  – номер вида продукции;  $\Theta_{\text{птЭР}}$  – потребление топливно-энергетических ресурсов по основным видам продукции;  $I_1$  – множество видов продукции;  $\hat{y}_{i'}$  – переменные затраты на топливно-энергетические ресурсы на выработку продукции вида  $i'$ ;  $VC$  – переменные затраты на топливно-энергетические ресурсы.

### Основная часть

В табл. 1 представлены объем и структура потребления топливно-энергетических ресурсов за 2020–2021 гг.

Т а б л и ц а 1. Объем и структура потребления топливно-энергетических ресурсов ОАО «Здравушка-Милк»

Показатель	Количество потребляемых ТЭР		2021 г., % к 2020 г.
	2020 г.	2021 г.	
Прямые обобщенные энергетические затраты, т у. т.:	15219	15388	101,1
электрической энергии	5202	5236	100,7
тепловой энергии	4028	4120	102,3
котельно-печного топлива	5989	6032	100,7
Экономия ТЭР, т у. т.	254	349,5	137,6
Показатель ресурсоэнергосбережения, %	–3,8	–5,0	–1,2 п. п.

П р и м е ч а н и е. Составлена по данным годовых отчетов предприятия.

В 2021 г. в ОАО «Здравушка-Милк» прямые обобщенные энергетические затраты составили 15 388 т у. т., увеличившись на 1,1 % в сравнении с 2020 г., в том числе возросли по электрической энергии – на 0,7 %, тепловой энергии – на 2,3 %, котельно-печному топливу – на 0,7 %. Электроснабжение основной производственной площадки осуществляется от ПС 110 кВ БПЗ (подстанции (ПС) с блоком питания и защиты (БПЗ)) до закрытого распределительного устройства (ЗРУ) предприятия. От ЗРУ-10 кВ запитаны трансформаторные подстанции ТП 1441 и ТП 1442. В них установлены по два трансформатора мощностью 1000 кВА каждый. Теплоснабжение осуществляется от паровой части котельного цеха № 2 Жодинской ТЭЦ.

Ежегодно на предприятии разрабатывается программа по энергосбережению. Так, в 2021 г. был проведен ряд энергосберегающих мероприятий:

внедрение энергоэффективных светодиодных ламп;  
 оптимизация работы технологического оборудования;  
 модернизация пароснабжения и кондиционирования.

За 2021 г. экономический эффект составил 349,5 т у. т. Показатель по ресурсоэнергосбережению был на уровне –5 %, что на 1,2 п. п. больше экономии энергоресурсов, чем в 2020 г.

Для определения ассортимента производства и сбыта молочных продуктов ОАО «Здравушка-Милк» с целью максимизации маржинальной прибыли была решена задача линейного программирования, наряду с базовыми включающая вышеприведенные ограничения по моделированию параметров энергопотребления (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Расход энергоресурсов на выработку 1 т готовой продукции

Продукция	Фактический объем производства, т	Расход энергоресурсов, т у. т.	
		всего	на 1 т продукции
Масло животное	2534	2807,7	1,108
Сыр жирный	8565	4959,1	0,579
Молоко цельное	101113	2730,1	0,027
Кефир жирный	6138	705,9	0,115
Сметана	2032	1617,5	0,796
Творог жирный	2944	650,6	0,221
Нежирная продукция	2195	30,7	0,014

Пр и м е ч а н и е. Составлена по данным организации.

При моделировании параметров энергопотребления на 2023 г. было определено, что расход топливно-энергетических ресурсов не должен превышать фактический уровень 2021 г. с разделением затрат на постоянные и переменные (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Сравнительный анализ маржинальной прибыли

Показатель	Масло животное	Сыр жирный	Молоко	Кефир жирный	Сметана	Творог жирный	Нежирная продукция
Постоянные затраты, тыс. бел. руб.	2961,0	11873,0	7646,0	1288,0	3094,0	1364,0	78,0
Переменные затраты, тыс. бел. руб., в том числе на топливно-энергетические ресурсы	23026,0 1238,8	57492,0 2213,4	40479,0 1149,6	10273,0 313,3	16268,0 691,4	7625,0 262,3	413,0 13,3
Объем реализации, т	2484,8	8498,6	95839,0	6037,5	1931,4	2640,1	2194,2
Удельные переменные затраты, бел. руб/т,	9266,7	6764,9	422,4	1701,5	8422,9	2888,1	188,2

Показатель	Масло животное	Сыр жирный	Молоко	Кефир жирный	Сметана	Творог жирный	Нежирная продукция
в том числе на топливно-энергетические ресурсы	498,5	260,4	12,0	51,9	358,0	99,4	6,1
Цена реализации 1 т, бел. руб.	8477,5	8420,7	479,5	1791,1	8347,8	3385,9	221,9
Выручка, тыс. бел. руб.	21065,0	71564,0	45958,0	10814,0	16123,0	8939,0	487,0
Маржинальная прибыль (убыток), тыс. бел. руб.	-1961,0	14072,0	5479,0	541,0	-145,0	1314,0	74,0
Маржинальная прибыль (убыток) на 1 т, бел. руб.	-789,2	1655,8	57,2	89,6	-75,1	497,7	33,7
Прибыль (убыток) от сбыта продукции, тыс. бел. руб.	-2344,0	7313,0	1389,0	216,0	-1638,0	636,0	41,0
Прибыль (убыток) от сбыта единицы продукции, тыс. бел. руб.	-943,3	860,5	14,5	35,8	-848,1	240,9	18,7

Следующим шагом подготовки информации к моделированию был сравнительный анализ прибыли от реализации на единицу продукции, рассчитанной при полном распределении затрат, и маржинальной прибыли на единицу продукции (см. табл. 3). Как известно, постоянные затраты (амортизация, арендная плата, повременная заработная плата административно-управленческого персонала и т. д.) не зависят от объема производства (при условии сохранения производственной мощности организации). Переменные затраты (сдельная заработная плата промышленного персонала, сырье, топливо, энергия, вспомогательные материалы и т. д.) возрастают при увеличении объема выпуска продукции. В табл. 4 представлены показатели по расходу топливно-энергетических ресурсов, полученные в результате расчетов по ОАО «Здравушка-Милк».

Т а б л и ц а 4. Показатели энергопотребления на производство продукции

Продукция	Расчетный объем производства, т	Расход энергоресурсов, т у. т.			2023 г., % к 2021 г.
		на 1 т продукции	фактический в 2021 г.	расчетный в 2023 г.	
Масло животное	2027,2	1,108	2807,7	2246,1	80,0
Сыр жирный	9459,6	0,579	4959,1	5477,1	110,4
Молоко цельное	106980,0	0,027	2730,1	2888,5	105,8
Кефир жирный	6198,0	0,115	705,9	712,8	101,0
Сметана	1625,6	0,796	1617,5	1294,0	80,0
Творог жирный	3002,0	0,221	650,6	663,4	102,0
Нежирная продукция	2199,0	0,014	30,7	30,8	100,3
Итого	—	—	13501,6	13312,7	98,6

Из данных табл. 4 следует, что в ОАО «Здравушка-Милк» по факту реализации предлагаемой программы развития станет возможным сократить расход топливно-энергетических ресурсов на 1,4 % за счет изменения объемов выпускаемой продукции. Так, на 20 % снизится расход топливно-энергетических ресурсов на производство масла животного и сметаны. В табл. 5 рассчитан показатель по ресурсоэнергосбережению в ОАО «Здравушка-Милк».

**Т а б л и ц а 5. Показатель ресурсоэнергосбережения, выручка и затраты на топливно-энергетические ресурсы**

Показатель	Количество потребляемых ТЭР		2023 г., % к 2021 г.
	2021 г. (факт)	2023 г. (план)	
Экономия ТЭР, т у. т.	306,6	495,5	188,9 т у. т.
Показатель ресурсоэнергосбережения, %	-5	-8	-3 п. п.
Выручка от реализации продукции, тыс. бел. руб.	174950,0	188038,0	107,5
Затраты на ТЭР, тыс. бел. руб.	5882,2	5973,1	101,5
Затраты на ТЭР в расчете на 1 бел. руб. реализованной продукции, бел. руб.	0,034	0,032	94,1

Из данных табл. 5 следует, что экономия ТЭР составит 188,9 т у. т., а показатель энергосбережения к 2023 г. достигнет -8 %, что на 3 п. п. ниже, чем в 2021 г. Затраты на топливно-энергетические ресурсы в расчете на 1 бел. руб. выручки от реализации продукции снизятся на 5,9 % и составят 0,032 бел. руб., что подтверждает эффективность предлагаемых мероприятий.

Показатели эффективности внедрения результатов решения задачи экономико-математического моделирования в ОАО «Здравушка-Милк» приведены в табл. 6.

**Т а б л и ц а 6. Эффективность внедрения результатов моделирования в ОАО «Здравушка-Милк»**

Показатель	Факт в 2021 г.	Расчет на 2023 г.	2023 г., % к 2021 г.
Затраты на производство, тыс. бел. руб.:	183880	189554	103,1
переменные	155576	161250	103,6
постоянные	28304	28304	100,0
Выручка от реализации продукции, тыс. бел. руб.	174950	186622	106,7
Маржинальная прибыль, тыс. бел. руб.	19374	25372	131,0
Себестоимость продукции, тыс. бел. руб.	169337	174562	103,1
Уровень рентабельности, %	3,3	6,9	3,6 п. п.

Данные табл. 6 свидетельствуют о целесообразности внедрения результатов решения задачи в практическую деятельность ОАО «Здравушка-Милк». Целевая

функция – максимум маржинальной прибыли составила 25 372 тыс. бел. руб., что на 31 % выше, чем в 2021 г. Рентабельность основных товарных групп продукции возрастет на 3,6 п. п.

## **Заключение**

Современный концепт энергосбережения на молокоперерабатывающем предприятии связан со следующими основными группами предлагаемых мероприятий:

*1. Улучшение энергоэффективности оборудования и технологических процессов.* На предприятии следует использовать современное, энергоэффективное оборудование и технологии, которые позволят снизить потребление энергии при переработке молока. Например, применение высокоэффективных насосов, охлаждающих систем и систем управления температурой может сократить расход энергии на 10–15 %.

*2. Внедрение возобновляемых источников энергии.* Предприятие может установить солнечные панели или ветрогенераторы для производства части энергии, необходимой для своей работы. Это позволит снизить зависимость от традиционных источников энергии и уменьшить вредные выбросы в атмосферу.

*3. Оптимизация системы освещения.* Замена на предприятии обычных ламп на энергосберегающие светодиодные позволит сократить энергопотребление на освещение в 2–8 раз. Также важно использовать датчики движения, чтобы свет был включен только там и столько по времени, где и когда он действительно нужен.

*4. Изоляция зданий и систем теплоснабжения.* Эффективная изоляция стен и кровли помогает сохранить тепло внутри помещений и снизить затраты на отопление. Также следует обратить внимание на изоляцию труб и систем теплоснабжения, чтобы сократить потери тепла при передаче.

*5. Внедрение системы мониторинга и управления потреблением энергии.* Оснащение предприятия современной системой мониторинга и управления позволяет отслеживать и анализировать потребление энергии в реальном времени. Это помогает выявить слабые места и оптимизировать энергопотребление на предприятии. Согласно нашим расчетам, это обеспечит до 7 % экономии затрат топливно-энергетических ресурсов в стоимостной оценке базового периода.

*6. Организация обучения сотрудников по энергосбережению.* Важно обучать сотрудников энергосбережению, информировать их о соответствующих мероприятиях, чтобы они понимали свою роль в вопросе снижения потребления энергии.

Внедрение этих мер позволит молокоперерабатывающему предприятию сократить расходы на энергию, повысить эффективность производства и снизить его негативное воздействие на окружающую среду.



**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Рудченко, Г. Методические аспекты оценки энергоэффективности в агропромышленном производстве / Г. Рудченко // Аграр. экономика. – 2023. – № 7. – С. 20–33.
2. Рудченко, Г. Региональная структурно-функциональная модель энергосбережения в организациях АПК на основе применения децентрализованных источников энергии / Г. Рудченко, М. Запольский // Аграр. экономика. – 2019. – № 4. – С. 53–59.
3. Энергоэффективность аграрного производства / В. Г. Гусаков [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 775 с.

*Поступила в редакцию 28.11.2023*

**Сведения об авторе**

Буць Владимир Иванович – профессор кафедры математического моделирования экономических систем АПК, доктор экономических наук, доцент

**Information about the author**

Buts Uladzimir Ivanovich – Professor of the Department of Mathematical Modeling of Economic Systems of the Agroindustrial Complex, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor