

Задачи планирования производственно-логистической деятельности предприятия

Т. Г. Дмитрюк, С. А. Зори
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
[e-mail: tnauka@lenta.ru](mailto:tnauka@lenta.ru)

Аннотация

В работе рассматривается задача эффективного управления ресурсами предприятия. Выполнено формулирование и решение физической и формальной постановок задач управления производственно-логистической деятельностью предприятия среднего уровня производственной иерархии. Предложена балансовая модель управления ресурсами предприятия, приведены решения оптимизационных задач планирования производства и сбыта продукции потребителям. Разработаны алгоритмы системы управления производством и перевозками продукции предприятия, предложены рекомендации по их реализации.

Введение

Приоритетной задачей предприятия в осуществлении производственной и торговой деятельности является повышение эффективности управления его логистической системой за счёт движения сырья (и вспомогательных материалов) и произведенной продукции. Управление ресурсами позволяет предприятию сокращать ненормативные объёмы складированного сырья и готовой продукции и в их потреблении руководствоваться объёмами продукции, заказываемой потребителями (что позволяет избежать дефицита оборотных средств предприятия).

В связи с тем, что для торгово-промышленных предприятий обусловлена объективная необходимость повышения качества транспортно-логистического обслуживания потребителей, максимально удовлетворяющего их потребности в доставке произведенной продукции, настоящее исследование является актуальным.

Анализ литературных источников

Авторами Згуровским М.З. и Панкратовой Н.Д. [1] предлагаются методы формализации задач, относящихся к различным предметным областям, с позиции системного анализа.

Томашевским В.М. [2] введены основные положения методик разработки математических моделей в системах управления производствами и технологическими процессами.

Автором настоящей работы на основании структурно-функционального подхода системного анализа для производственно-логистической системы предприятия, на примере ООО «Донецкий пивоваренный завод» (ООО «ДПЗ»), ранее разработано следующее:

– установлены взаимосвязи между структурой и функциями элементов производственной системы [3];

– определена схема взаимодействия элементов логистической системы пивоваренного завода [4];

– разработаны математические модели прогнозов производства пива по сортам и розлива по видам тары, а также математические модели доставки произведенной продукции по маршрутам от завода к конечным потребителям [5], [6].

Перечисленное выше позволяет сформулировать постановку задач планирования производства и доставки потребителям продукции предприятия.

Цель и задачи исследования

Целью работы является формулирование и решение физической и формальной постановок задач управления производственно-логистической деятельностью предприятия. Для достижения поставленной цели в работе предполагается решение следующих задач управления: производственно-логистической деятельностью предприятия, производственной деятельностью и логистическими операциями.

Основное содержание работы

В анализ характеристик производственной деятельности ООО «ДПЗ», как одного из объектов множества промышленных предприятий среднего уровня производственной иерархии, входит определение пунктов и объёмов реализации заказанной продукции, в соответствии с которыми фиксированы маршруты доставки. На основании анализа заказов осуществлена постановка задач моделирования производства и сбыта и

разработаны модели прогноза планового выпуска и сбыта продукции. В соответствии с правилами системного анализа изложенное выше лежит в основе постановки и формализации задач управления производственно-логистической деятельностью предприятия. На основании анализа характеристик объекта управления обобщенная физическая постановка задачи управления может быть сформулирована следующим образом: определить количество производимой пивоваренным заводом продукции и доставку её потребителям таким образом, чтобы потребительский спрос на доставляемую продукцию был максимально удовлетворён. Формальная постановка обобщенной задачи управления представлена в виде функционала (1):

$$J_1 = \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^{15} f_{jk}(\Pi_j, V_k) =$$

$$= f_{jk}^*(\Pi_j, V_k) \rightarrow \max_{\Pi_j, V_k} f_{jk}^*, j = \overline{1,5}, k = \overline{1,15}, \quad (1)$$

где J_1 — функционал цели задачи планирования производственно-логистической деятельности предприятия; Π_j — объёмы производства пива по сортам j ; V_k — общий объём доставки пива всех сортов по каждому из составленных маршрутов M_k .

В соответствии с тем, что экономико-производственная деятельность предприятия характеризуется объемами производства и логистическими показателями удовлетворения предложения предприятий, реализующих продукцию, удовлетворение функционала (1) проводится посредством решения локальных задач, предусматривающих повышение эффективности реализации продукции и её производства. Обобщенная задача, ввиду особенностей деятельности торгово-промышленного предприятия, может быть представлена в виде балансовой модели (табл. 1):

Таблица 1 — Балансовая модель производственно-логистической деятельности предприятия

Заказчики продукции	Заказы на производство продукции (блок 1)					Произведенная продукция (блок 2)					
	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	Π_5	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	Π_5	$V_{произв}$
Заказчик 1	Or_1^1	Or_2^1	Or_3^1	Or_4^1	Or_5^1	X_1^1	X_2^1	X_3^1	X_4^1	X_5^1	
Заказчик 2	...	...	...	...	...	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_4^2	X_5^2	
Заказчик 3	...	...	...	...	...	X_1^3	X_2^3				
Заказчик 4	...	...	...	...	...	X_1^4	X_2^4	X_3^4		X_5^4	
Заказчик 5	Or_1^5	Or_2^5	Or_3^5	Or_4^5	Or_5^5	X_1^5		X_3^5		X_5^5	
Итого						$\sum_{i=1}^6 X_1^i$	$\sum_{i=1}^6 X_2^i$	$\sum_{i=1}^6 X_3^i$	$\sum_{i=1}^6 X_4^i$	$\sum_{i=1}^6 X_5^i$	$\sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^6 X_j^i$
Потребители продукции, в соответствии с маршрутами доставки M_k	Разлитая продукция	Тара для продукции		Доставленная потребителям по маршрутам продукция, (блок 4)				Условие баланса модели			
		(блок 3)		(блок 4)							
	$V_{произв}$	Т		Π_1	...	Π_5	$V_{дост}$		$V_{произв} = V_{дост}$		
Потребитель 1 ($M_1 - M_5$)	$\forall M_k \sum_{j=1}^5 X_j^i$		$\sum_{i=1}^6 \sum_{q=1}^9 Y_q^i$		$Z_{1,1}$...	...	$Z_{5,1}$...	$\sum_{j=1}^5 Z_{j1}$...			
Потребитель 2 ($M_6 - M_8$)	$\forall M_k \sum_{j=1}^5 X_j^i$		$\sum_{i=1}^6 \sum_{q=1}^9 Y_q^i$		...	...	...	...			
Потребитель 3 ($M_9 - M_{10}$)	$\forall M_k \sum_{j=1}^5 X_j^i$		$\sum_{i=1}^6 \sum_{q=1}^9 Y_q^i$		...	...	...	...			
Потребитель 4 ($M_{11} - M_{12}$)	$\forall M_k \sum_{j=1}^5 X_j^i$		$\sum_{i=1}^6 \sum_{q=1}^9 Y_q^i$		...	...	...	...			
Потребитель 5 ($M_{13} - M_{15}$)	$\forall M_k \sum_{j=1}^5 X_j^i$		$\sum_{i=1}^6 \sum_{q=1}^9 Y_q^i$		... $Z_{1,15}$	...	... $Z_{5,15}$	... $\sum_{j=1}^5 Z_{j15}$			
Итого	$\sum_{j=1}^5 \Pi_j$		$\sum_{i=1}^6 T^i(Y_q^i)$					$\sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^{15} Z_{jk} =$ $= \sum_{k=1}^{15} V_k$	$\sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^6 X_j^i =$ $= \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^{15} Z_{jk}$		

В модели автором введены следующие показатели: Or_j^p — объёмы заказов пивоваренной продукции по сортам пива для каждого из заказчиков p , $p = \overline{1,5}$; X_j^i — объём производства пива j -го сорта, которое будет разлито в тару i -го объёма, $i = \overline{1,6}$, $j = \overline{1,5}$; T^i — общее количество тары объёмом i для розлива пива; Y_q^i — количество тары объёмом i для розлива пива номенклатуры q ($q = \overline{1,9}$); Z_{jk} — объёмы доставки пива каждого из сортов j по каждому из маршрутов M_k , $k = \overline{1,15}$.

Балансовая модель может иметь графическую интерпретацию. Обобщенное представление оптимальных (в любом смысле) систем (согласно [7]) заключается в следующем: любая система управления может быть представлена некоторой геометрической фигурой в трёхмерном пространстве (размеры и конфигурация фигуры определены совокупностью показателей объекта управления). Данное утверждение позволяет представить производственно-логистическую деятельность предприятия среднего уровня производственной иерархии в виде следующей трёхмерной модели (рис. 1).

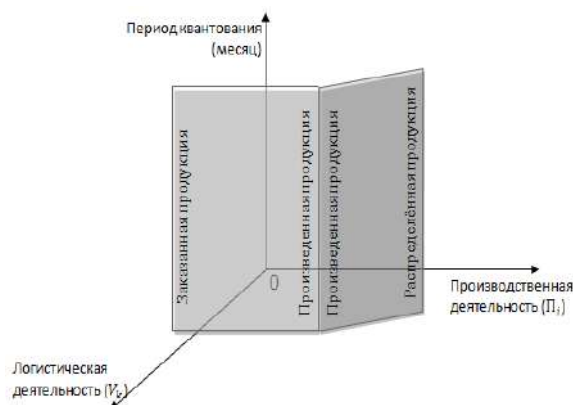


Рисунок 1 — Трёхмерное представление системы управления производственно-логистической деятельностью предприятия

Показатели заказов на производство пивоваренной продукции закладываются в разделы базы данных, характеризующие экономико-производственную деятельность предприятия: от заказа дистрибьюторами продукции — до её производства, а в дальнейшем: от розлива в тару произведенной продукции — до её отгрузки потребителям.

Удовлетворение балансовой модели подчинено решению задач управления

производством и логистикой на предприятии. В соответствии со спецификой торгово-промышленного предприятия и на основе балансовой модели обобщенная постановка задачи управления (1) декомпозируется на две задачи (при условии сбалансированности решений):

1. управления производством;
2. управления логистическими операциями.

Рассмотрим постановки и решения декомпозированных задач.

1. Физическая постановка задачи управления производством: определить такую совокупность технико-экономических показателей деятельности предприятия согласно заказам на производство продукции, при которых доход от реализации произведенной продукции будет принимать максимальные значения.

Формальная постановка первой задачи управления представлена в виде функционала (2):

$$J_1^1 = \sum_{j=1}^5 D(\Pi_j) = f(D(\Pi_j)) \rightarrow \max_{D(\Pi_j)} f, \quad (2)$$

где J_1^1 — функционал цели задачи планирования производственной программы предприятия; $D(\Pi_j)$ — совокупный доход от производства пива укрупнённых сортов Π_j .

При постановке данной задачи (2) учитывается ограниченность материальных ресурсов (сырья и вспомогательных материалов), соответствующих объёму заказанной продукции (блок 1 балансовой модели). Расход каждого вида ресурса на единицу продукции сорта пива Π_j определяется условием (3):

$$\sum_{j=1}^5 \alpha_{rj} \Pi_j \leq W_r(Or), \quad (3)$$

где α_{rj} — норма расхода r -го вида ресурса на производство единицы продукции j -го сорта; $W_r(Or)$ — запасы r -го вида ресурса при суммарном объёме заказа Or .

Решение задачи (2) осуществляется в рамках блока 2 балансовой модели с учётом ограничений. Система ограничений представлена уравнениями моделей вида (4):

$$\left\{ \begin{array}{l} \Pi_1 = -6967,69 + 7,51X_1^1 + 15,59X_1^2 + 79,55X_1^3 + 8,52X_1^4 + 498,08X_1^5 + 0 \cdot X_1^6, \\ \Pi_2 = -706,78 + 1,67X_2^1 + 3,83X_2^2 + 8,39X_2^3 - 0,002X_2^4, \\ \Pi_3 = -207,35 + 0,94X_3^1 + 1,34X_3^2 + 1,08X_3^3 + 546,16X_3^5, \\ \Pi_4 = -63,03 + 1,50X_4^1 + 2,73X_4^2, \\ \Pi_5 = -278,85 + 1,03X_5^1 + 4,18X_5^2 + 1,29X_5^3 + 340,37X_5^5. \end{array} \right. \quad (4)$$

где Π_j — объёмы производства пива по сортам j , $j = \overline{1,5}$; X_j^i — объём производства пива j -го сорта, разлитого в тару i -го объёма, $i = \overline{1,6}$.

предприятия продукция не может превращаться в сырьё, что отражено в условии (6):

$$\Pi_j \geq 0, \quad j = \overline{1,5}. \quad (6)$$

Условия выполнения поставщиками обязательств по договорам могут быть записаны неравенством (5):

$$b_l \leq \Pi_l \leq B_l, \quad l = \overline{1,5}, \quad (5)$$

где b_l и B_l — соответственно нижняя и верхняя границы производства пива j -го сорта.

Причём, в условиях анализируемого

Для параметрической идентификации математической модели по результатам деятельности предприятия была сформирована обучающая выборка, осреднённый результат которой отражает фактические объёмы сваренного пива по сортам в 2019 году, на основании которых производилась настройка алгоритма (табл. 2).

Таблица 2 — Фактические значения показателей объёмов производства пива по сортам, полученные за 2019 год (обучающая выборка)

Сорта пива Π_j		Предельные ежемесячные значения объёмов производства пива, тыс. л											
№	Наименование	Месяцы											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	«Жигулёвское»	38,6	42,3	40	41,5	49,4	50,8	50,1	45,7	39,1	37,7	42,6	44
2	«Легенда Донбасса»	48,2	51,4	50,7	52,6	54,7	56,4	55,2	54,9	52,4	49,3	49,8	50,2
3	«Медведь»	25,9	26,8	25,5	27,5	28	30,8	29,4	26,4	24,2	23,7	24,1	27,1
4	«Кружка Свежего»	5,0	4,7	4,7	5,0	5,2	5,3	5,4	5,4	5,0	4,6	4,4	5,0
5	«Добрый Шубин»	11,6	10,1	11,0	12,1	12,5	12,7	12,7	12,8	11,8	11,5	11,8	11,9

Параметры моделей прогноза производства пивоваренной продукции рассчитывались по статистической выборке ежемесячных показателей производства пива за 72 месяца истекшего периода согласно алгоритму (7):

$$B_1 = (\bar{X}^T \cdot \bar{X})^{-1} \cdot \bar{X}^T \cdot \bar{P}, \quad (7)$$

где $\bar{X}$ — информационная матрица, составленная для производства пива в течение 72 месяцев; $\bar{X}^T$ — транспонированная матрица $\bar{X}$; $\bar{P}$ — вектор численных значений количества произведенного пива по сортам и ёмкости тары.

На объекте управления была осуществлена опытно-промышленная эксплуатация алгоритма системы принятия решений, результаты которой отражены в численном решении задачи управления производственной деятельностью ООО «ДПЗ»

(2) с прогнозом значений объёмов производства пива по сортам на 2020 год (табл. 3).

Сопоставление показателей таблиц 2 и 3 в статистическом соотношении отклонений расчётных и фактических значений позволило оценить адекватность модели по контрольной выборке (которая проверялась как по дисперсии остаточной масштабированной, так и по критерию Фишера). Дисперсия остаточная масштабированная, определяющая адекватность моделей по контрольной выборке, не превышает 5%.

С целью иллюстрации качества работы системы управления в течение исследуемого периода на рис. 2–6 представлены графики прогнозируемых объёмов производства пива каждого сорта для рекомендуемых оптимальных и принятых ЛПР решений по планированию производственной деятельности предприятия, сопоставленные с графиками фактических показателей.

Таблица 3 — Расчётные значения прогноза объёмов производства пива по сортам, полученные по моделям за 2020 год (контрольная выборка)

Сорта пива Π_j		Предельные ежемесячные значения объёмов производства пива, тыс. л											
№	Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	«Жигулёвское»	38,4	43,5	40,7	47,1	52,1	53,5	53,1	45,3	42,4	37,6	43,6	48
2	«Легенда Донбасса»	50,2	52,4	51,7	53,5	55,2	56,7	56	54,3	52,4	51,3	51,8	52,2
3	«Медведь»	25,4	26,4	25	27,1	28,1	30	29,2	26,5	24,7	23,2	24,4	27,4
4	«Кружка Свежего»	4,9	4,9	4,8	5,1	5,3	5,5	5,5	5,4	5,1	4,8	4,6	5,1
5	«Добрый Шубин»	11,1	11,3	11,5	12,4	12,8	13,1	13	12,9	12,6	11,9	12	12,5

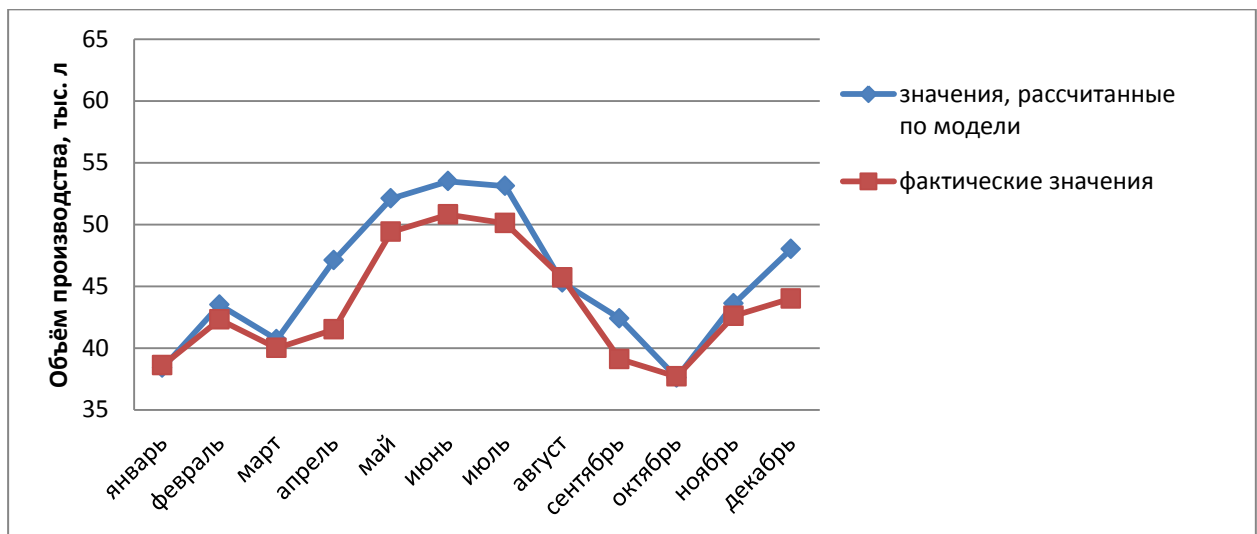


Рисунок 2 — Прогнозные и фактические объёмы производства пива сорта «Жигулёвское» за календарный год

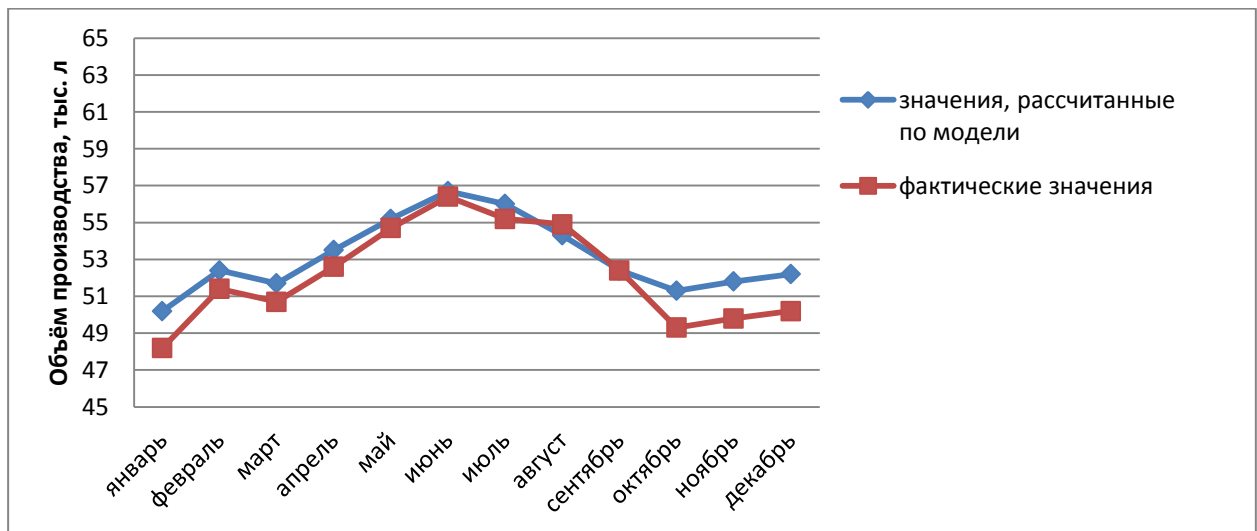


Рисунок 3 — Прогнозные и фактические объёмы производства пива сорта «Легенда Донбасса» за календарный год

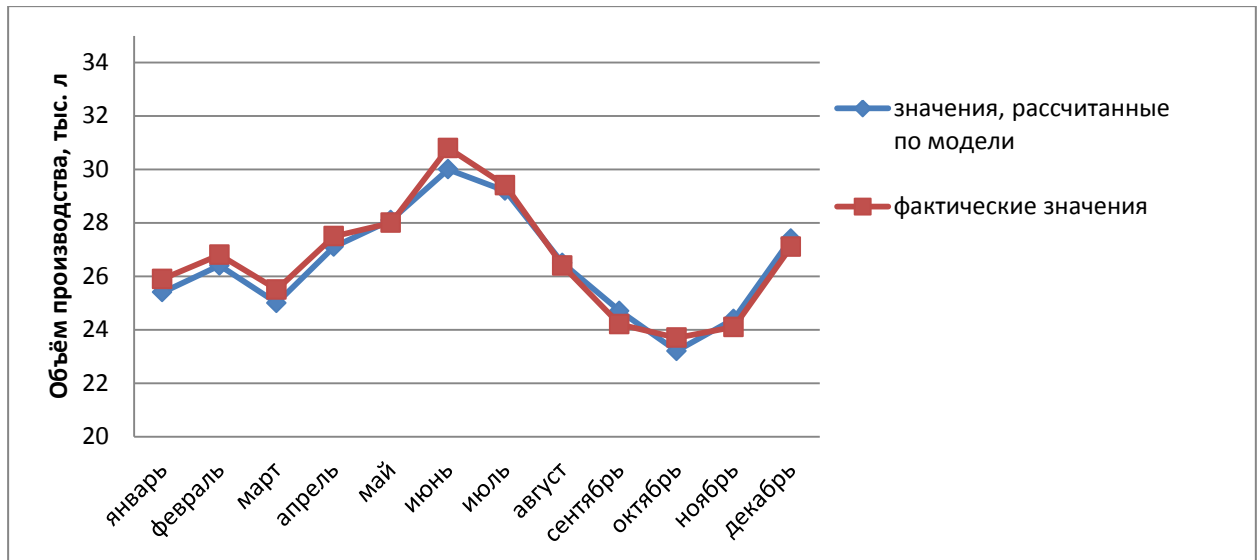


Рисунок 4 — Прогнозные и фактические объемы производства пива сорта «Медведь» за календарный год

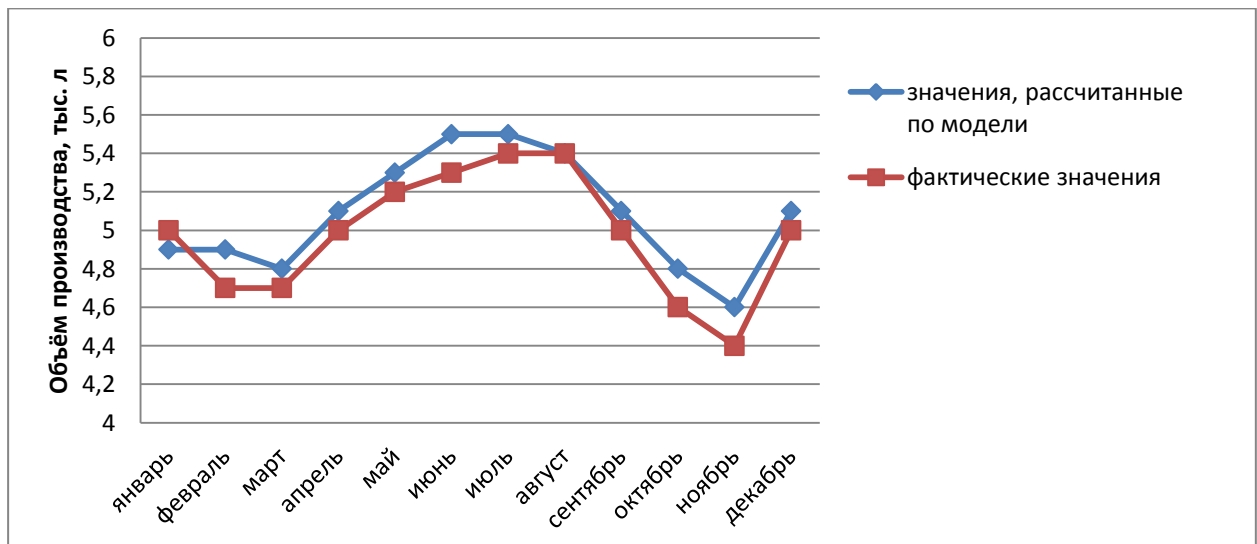


Рисунок 5 — Прогнозные и фактические объемы производства пива сорта «Кружка Свежего» за календарный год

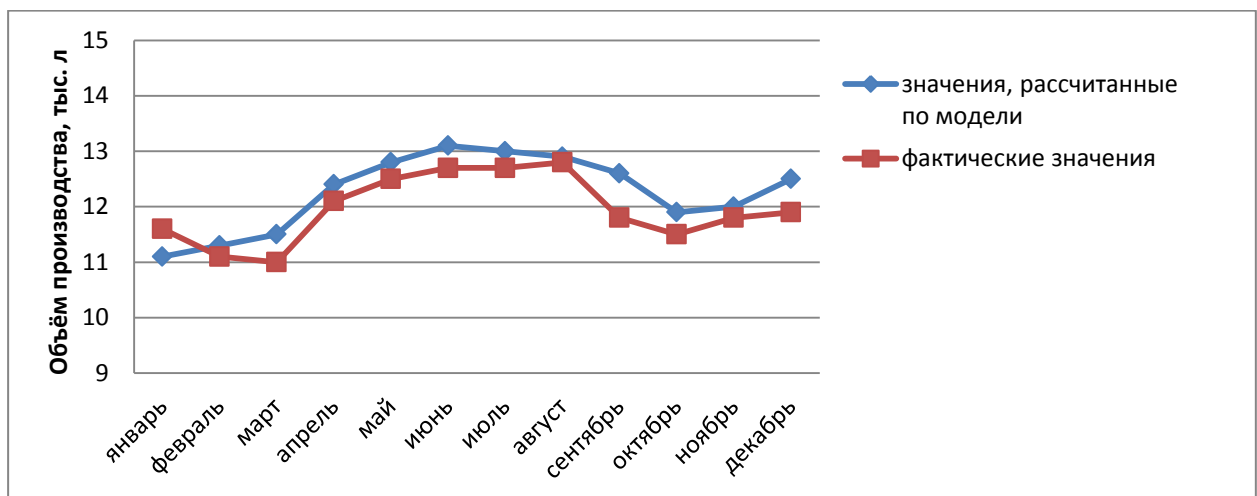


Рисунок 6 — Прогнозные и фактические объемы производства пива сорта «Добрый Шубин» за календарный год

Как видно из рисунков 2 – 6, спрос на продукцию пивоваренного завода носит сезонный характер. Объёмы производства пива принимают наибольшие значения в мае – августе, наименьшие — в январе, феврале, марте, октябре, ноябре.

Лицами, принимающими решение по разработанному алгоритму, т.е. пользователями данного алгоритма системы управления производством являются менеджеры отдела планирования.

Так как конечная цель предприятия — распределить произведенную продукцию конечным потребителям, это позволяет сформулировать вторую задачу управления его экономической деятельностью.

2. Постановка задачи управления логистическими операциями.

Физическая постановка задачи управления логистическими операциями в соответствии с заказами от точек сбыта продукции: необходимо определить показатели сбыта готовой продукции предприятия по маршрутам таким образом, чтобы спрос на продукцию был максимально удовлетворён. В качестве критерия оптимальности принимается минимум общего объёма грузооборота при полном удовлетворении запросов потребителей на доставку готовой продукции всем потребителям (выполнение условия «один маршрут — один автомобиль»).

Формальная постановка второй задачи управления представлена в виде функционала (8):

$$J_1^2 = \sum_{k=1}^{15} f_k(V_k, M_k) = f_k^*(V_k, M_k) \rightarrow \max_{V_k, M_k} f_k^*, \quad (8)$$

где J_1^2 — функционал цели задачи планирования программы доставки грузов предприятия; V_k — общий объём доставки пива всех сортов по каждому из составленных маршрутов M_k , $k = \overline{1, 15}$.

Функционалы целей, сформулированные в постановках задач управления, предназначены для того, чтобы решение по балансовой модели выполнялось с наименьшими отклонениями между показателями загрузки производственных мощностей и отгруженной по соответствующим маршрутам готовой продукции конечным потребителям, участвующим в формировании заявок на изготовление продукции.

Выполнение плана поставок пивоваренной продукции потребителям, произведенной и разлитой в тару (блок 3 балансовой модели), осуществляется при выполнении условия (9):

$$\sum_{j=1}^5 \Pi_j(M_k) = V_k, \quad V_k = \sum_{j=1}^5 Z_{jk}, \quad (9)$$

$$j = \overline{1, 5}, \quad k = \overline{1, 15},$$

где Z_{jk} — объёмы доставки пива каждого из сортов Π_j по каждому из маршрутов M_k .

Данная задача подчинена условию, что готовая продукция не может перемещаться обратно от потребителя к поставщику, что отражено в выражении (10):

$$Z_{jk} \geq 0. \quad (10)$$

Решение задачи (8) осуществляется в рамках блока 4 балансовой модели при ограничениях, представленных системой уравнений моделей вида (11).

Для параметрической идентификации математической модели по результатам транспортно-логистической деятельности предприятия была сформирована обучающая выборка, осреднённый результат которой отражает фактические объёмы сбыта пива конечным потребителям по соответствующим маршрутам в 2019 году, на основании которых производилась настройка алгоритма (табл. 4).

Параметры моделей прогноза сбыта пива рассчитывались по статистической выборке ежемесячных показателей доставки пива потребителям за 72 месяца истекшего периода (12):

$$B_2 = (\bar{Z}^T \cdot \bar{Z})^{-1} \cdot \bar{Z}^T \cdot \bar{V}, \quad (12)$$

где $\bar{Z}$ — информационная матрица, составленная для сбыта пива в течение 72 месяцев; $\bar{Z}^T$ — транспонированная матрица $\bar{Z}$; $\bar{V}$ — вектор численных значений количества доставленного пива потребителям по соответствующим маршрутам.

На предприятии была осуществлена опытно-промышленная эксплуатация алгоритма системы принятия решений, результаты которой отражены в численном решении задачи управления транспортно-логистической деятельностью ООО «ДПЗ» (8) с прогнозом значений объёмов сбыта пива потребителям на 2020 год (табл. 5).

$$\forall M_k \left\{ \begin{aligned} V_1 &= -218,55 + 3,29Z_{11} + 2,74Z_{21} + 15,02Z_{31} + 28,39Z_{41} + 15,67Z_{51}, \\ V_2 &= -195,66 + 1,56Z_{12} + 4,33Z_{22} + 29,67Z_{32} + 35,04Z_{42} + 12,88Z_{52}, \\ V_3 &= -368,32 + 10,12Z_{13} + 6,54Z_{23} + 37,72Z_{33} + 25,69Z_{43} + 20,15Z_{53}, \\ V_4 &= -249,35 + 4,80Z_{14} + 3,16Z_{24} + 18,91Z_{34} + 24,62Z_{44} + 14,18Z_{54}, \\ V_5 &= -263,38 + 4,68Z_{15} + 5,84Z_{25} + 15,71Z_{35} + 32,22Z_{45} + 16,49Z_{55}, \\ V_6 &= -388,65 + 15,50Z_{16} + 10,84Z_{26} + 95,36Z_{36} + 58,99Z_{46} + 61,03Z_{56}, \\ V_7 &= -596,34 + 22,46Z_{17} + 20,13Z_{27} + 86,33Z_{37} + 47,59Z_{47} + 58,31Z_{57}, \\ V_8 &= -477,85 + 17,25Z_{18} + 19,64Z_{28} + 82,23Z_{38} + 51,57Z_{48} + 58,98Z_{58}, \\ V_9 &= -42,50 + 2,47Z_{19} + 3,08Z_{29} + 21,09Z_{39} + 20,15Z_{49} + 13,26Z_{59}, \\ V_{10} &= -74,59 + 4,19Z_{110} + 3,07Z_{210} + 8,40Z_{310} + 15,66Z_{410} + 9,32Z_{510}, \\ V_{11} &= -38,18 + 0,98Z_{111} + 1,16Z_{211} + 9,28Z_{311} + 5,06Z_{411} + 4,14Z_{511}, \\ V_{12} &= -39,02 + 2,15Z_{112} + 1,80Z_{212} + 13,44Z_{312} + 3,69Z_{412} + 4,87Z_{512}, \\ V_{13} &= -173,58 + 11,23Z_{113} + 6,84Z_{213} + 25,12Z_{313} + 22,17Z_{413} + 17,17Z_{513}, \\ V_{14} &= -115,28 + 3,06Z_{114} + 3,11Z_{214} + 19,19Z_{314} + 15,54Z_{414} + 13,54Z_{514}, \\ V_{15} &= -220,99 + 3,46Z_{115} + 4,85Z_{215} + 30,32Z_{315} + 24,04Z_{415} + 15,21Z_{515}. \end{aligned} \right. \quad (11)$$

Таблица 4 — Фактические значения показателей объёмов сбыта пива потребителям, полученные за 2019 год (обучающая выборка)

Маршруты M_k		Пределные ежемесячные значения объёмов сбыта пива, тыс. л											
№	Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Донецк-1	21,8	22,3	22,5	21,2	22,0	22,5	23,0	23,4	22,5	21,3	21,0	21,4
2	Донецк-2	19,2	19,0	19,6	19,8	20,1	20,5	20,8	20,9	20,4	19,3	19,1	19,2
3	Донецк-3	36,9	36,4	36,8	36,9	37,4	37,6	37,7	37,6	37,1	36,9	36,5	36,5
4	Донецк-4	24,9	24,5	24,8	25,1	25,3	25,4	25,4	25,4	25,0	24,6	24,3	24,3
5	Донецк-5	26,2	26,4	26,4	26,6	27,0	27,1	27,2	27,2	27,1	26,5	26,4	26,5
6	Донецк – Макеевка-1	38,8	38,4	38,6	38,9	39,2	39,3	39,5	39,7	39,0	38,5	38,1	38,4
7	Донецк – Макеевка-2	59,4	59,1	59,3	59,7	59,9	60,1	60,3	60,2	60,1	59,5	59,5	59,9
8	Донецк – Макеевка-3	47,4	47,0	47,2	47,6	47,9	48,2	48,2	48,1	47,6	47,5	47,3	47,6
9	Донецк – Докучаевск	4,4	4,2	4,3	4,4	4,6	4,8	4,8	4,8	4,7	4,4	4,2	4,3
10	Донецк – Новоазовск	7,3	7,1	7,3	7,5	7,6	7,9	8,0	8,1	7,7	7,4	7,1	7,2
11	Донецк – Амвросиевка	3,6	3,6	3,7	3,9	4,0	4,2	4,3	4,2	4,1	4,0	3,8	3,6
12	Донецк – Снежное	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,3	4,3	4,3	4,0	4,0	4,0	4,2
13	Донецк – Горловка	17,1	17,0	17,5	17,6	17,9	18,0	18,0	17,8	17,6	17,4	17,3	17,3
14	Донецк – Дебальцево	11,4	11,1	11,3	11,3	11,5	11,8	11,9	12,0	11,8	11,4	11,3	11,3
15	Донецк – Луганск	22,0	21,8	21,9	22,0	22,5	22,8	22,9	22,9	22,7	22,5	22,5	22,4

Таблица 5 — Расчётные значения прогноза объёмов сбыта пива потребителям, полученные по моделям за 2020 год (контрольная выборка)

Маршруты M_k		Пределные ежемесячные значения объёмов сбыта пива, тыс. л											
№	Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Донецк-1	21,8	22,4	22,5	21,5	22,2	22,6	23,0	23,7	22,4	21,4	21,3	21,8
2	Донецк-2	19,7	19,2	19,9	19,9	20,3	20,7	20,9	20,8	20,5	19,6	19,1	19,4
3	Донецк-3	36,9	36,3	36,9	37,0	37,4	37,8	37,8	37,6	37,3	36,7	36,6	36,9
4	Донецк-4	25,0	24,8	24,8	25,3	25,4	25,5	25,7	25,7	25,4	24,9	24,4	24,8
5	Донецк-5	26,4	26,8	26,6	26,9	27,4	27,5	27,8	27,8	27,2	26,5	26,5	27,0
6	Донецк – Макеевка-1	38,7	38,3	38,7	39,1	39,3	39,4	39,7	39,8	39,2	38,6	38,4	39,0
7	Донецк – Макеевка-2	59,7	59,4	59,5	59,8	59,9	60,4	60,6	60,5	59,8	59,5	59,6	60,0
8	Донецк – Макеевка-3	47,9	47,4	47,5	47,6	47,8	48,4	48,5	48,3	47,9	47,6	47,3	47,8
9	Донецк – Докучаевск	4,4	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	4,8	4,6	4,4	4,6
10	Донецк – Новоазовск	7,6	7,3	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,3	7,9	7,5	7,3	7,5
11	Донецк – Амвросиевка	3,7	3,5	3,7	4,0	4,1	4,3	4,4	4,4	4,3	4,0	3,9	4,0
12	Донецк – Снежное	3,8	3,7	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,4	4,2	3,9	4,0	4,1
13	Донецк – Горловка	17,6	17,1	17,8	17,9	18,0	18,2	18,3	18,2	18,0	17,7	17,6	17,9
14	Донецк – Дебальцево	11,6	11,2	11,2	11,4	11,7	11,8	12,0	12,1	11,9	11,5	11,4	11,6
15	Донецк – Луганск	22,4	22,1	22,1	22,3	22,6	22,9	23,1	23,2	22,9	22,6	22,5	22,7

Адекватность моделей по контрольной выборке, полученная при сопоставлении показателей таблиц 4 и 5 в статистическом соотношении отклонений расчётных и фактических значений, подтверждается показателями дисперсии остаточной масштабированной, не превышающей 4,5%.

Для удобства графического представления данных маршруты сгруппированы следующим образом: 1) Донецкое направление — включает точки сбыта для $(M_1 - M_5)$, 2) Макеевское направление — $(M_6 - M_8)$, 3) «южное» —

$(M_9 - M_{10})$, 4) «восточное» — $(M_{11} - M_{12})$ и 5) «северное» — $(M_{13} - M_{15})$. Таким образом, качество работы системы управления в течение исследуемого периода можно проиллюстрировать рис. 7 – 11, где представлены графики прогнозируемых объёмов доставки пива потребителям по укрупнённым направлениям маршрутов для рекомендуемых оптимальных и принятых ЛПР решений по планированию сбытовой деятельности предприятия, сопоставленные с графиками фактических показателей.

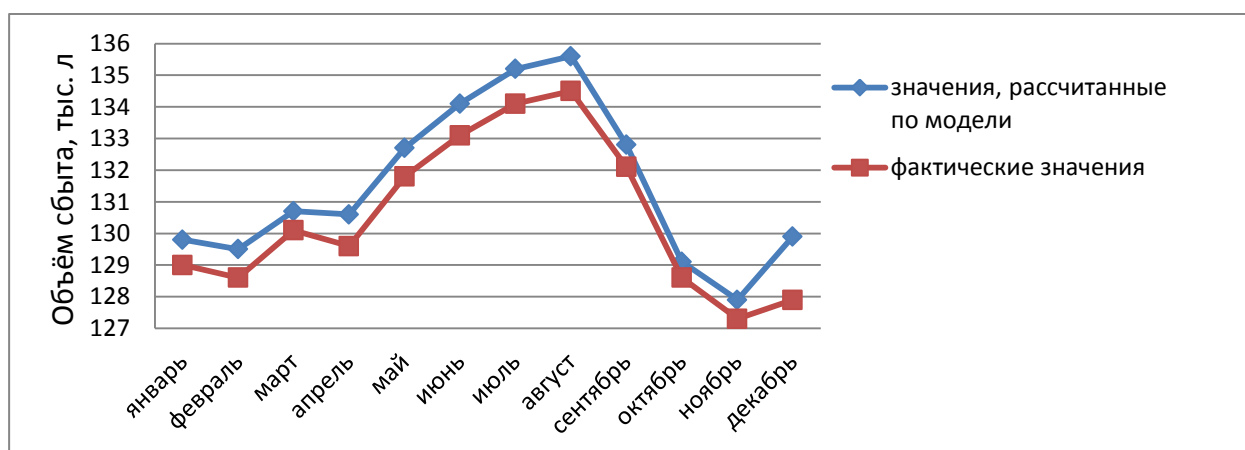


Рисунок 7 — Прогнозные и фактические объёмы сбыта пива по г. Донецку за календарный год

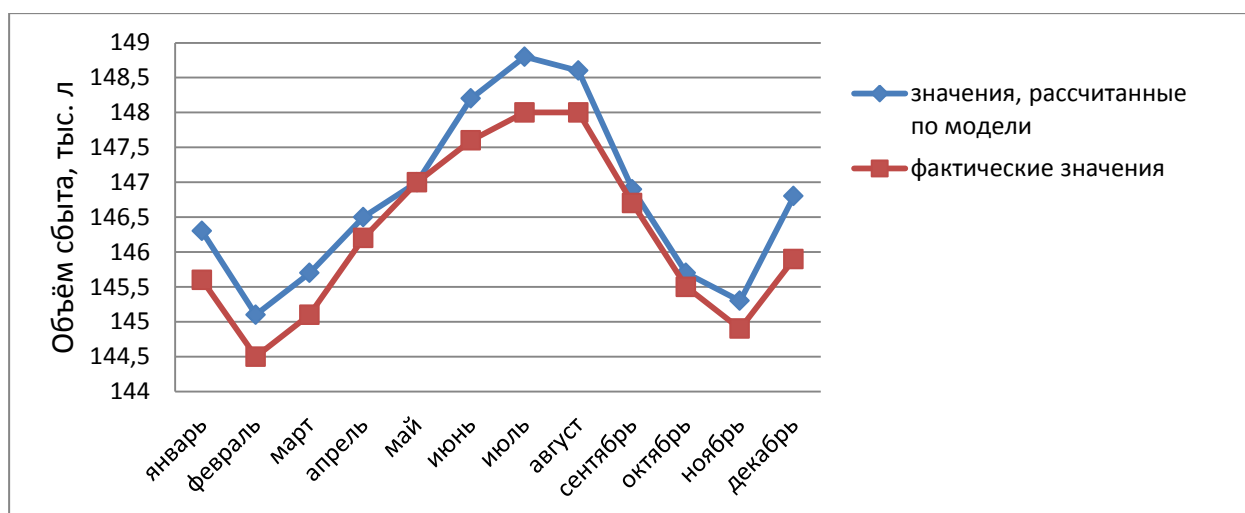


Рисунок 8 — Прогнозные и фактические объемы сбыта пива по г. Мариуполю за календарный год

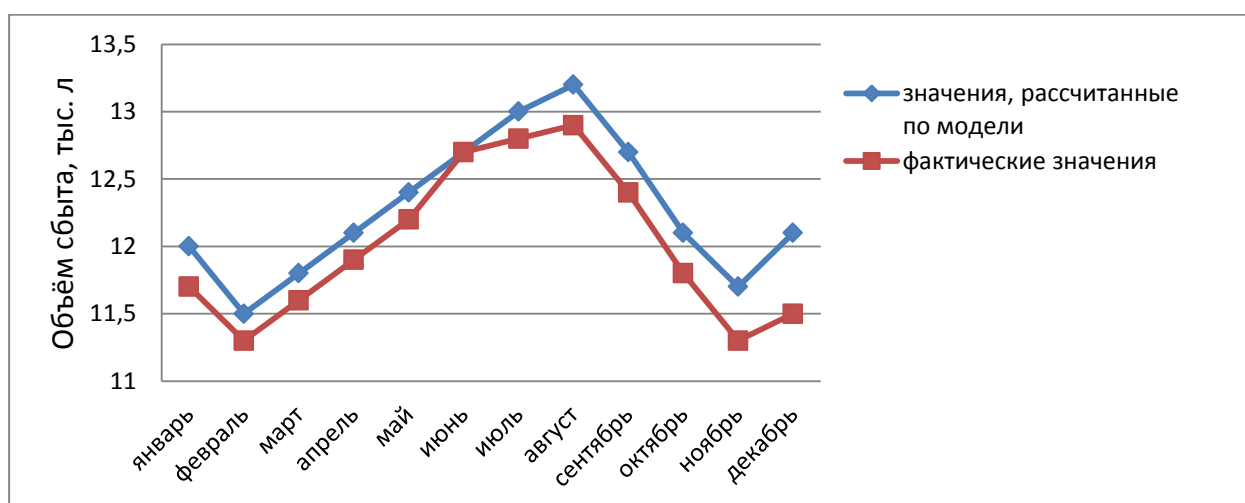


Рисунок 9 — Прогнозные и фактические объемы сбыта пива в «южном» направлении за календарный год

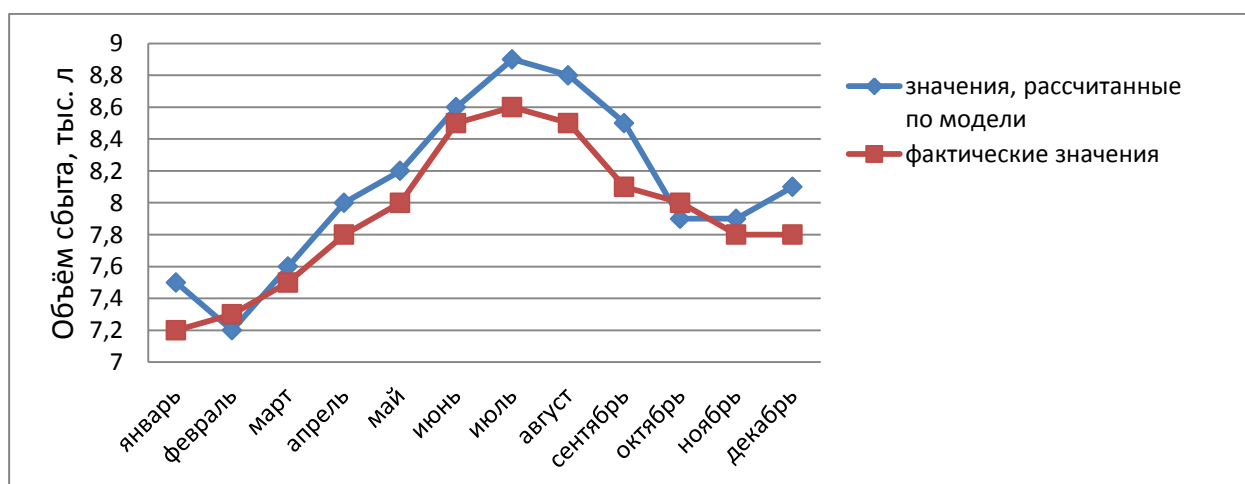


Рисунок 10 — Прогнозные и фактические объемы сбыта пива в «восточном» направлении за календарный год

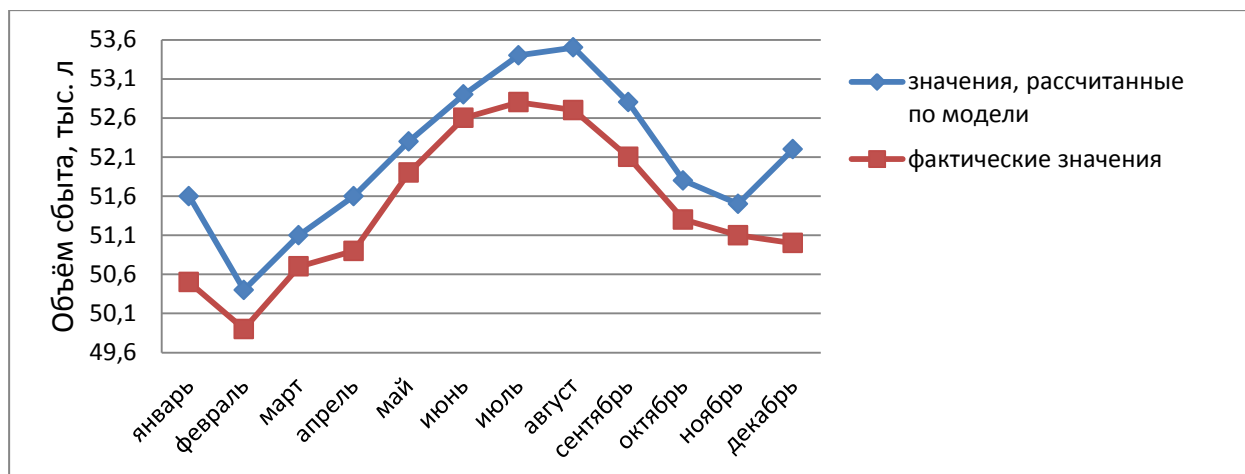


Рисунок 11 — Прогнозные и фактические объемы сбыта пива в «северном» направлении за календарный год

Как видно из рис. 7 – 11 доставка пивоваренной продукции конечным потребителям также носит сезонный характер. Объемы сбыта пива принимают наибольшие значения в мае – августе, наименьшие — в феврале, октябре, ноябре.

Пользователями в задаче логистики перемещения грузов предприятия являются менеджеры транспортного отдела и службы продаж предприятия.

Обобщение численных решений, полученных в задачах управления производственной деятельностью и логистическими операциями на предприятии, даёт численное решение обобщенной задачи управления производственно-логистической деятельностью ООО «ДПЗ» с определёнными значениями объемов производства пива по сортам и доставки готовой продукции предприятия потребителям по составленным маршрутам за исследуемый период. Представленные таблично и графически значения решений, рекомендуемых системой управления, и их сопоставление с фактическими показателями деятельности предприятия за аналогичные периоды подтверждает адекватность приведенных рассуждений и алгоритмов, позволяющих осуществлять эффективное управление экономико-производственной деятельностью предприятия.

Выводы

Научная новизна данной работы заключается в формулировании и решении постановок задач управления производственно-сбытовой деятельностью предприятия среднего уровня производственной иерархии. Теоретическая значимость исследования заключается в формализации и декомпозиции методов решения оптимизационных задач планирования программ производства пива и

доставки готовой продукции потребителям. Практическая значимость работы состоит в разработке алгоритмов системы управления производством и перевозками продукции пивоваренного завода. Реализация разработок предполагается к использованию менеджерам отдела планирования, транспортного отдела и службы продаж ООО «ДПЗ».

Литература

1. Згуровский, М. З. Системный анализ: проблемы, методология, приложения / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. – К.: Наук. думка, 2005. – 744 с.
2. Томашевский, В. М. Моделирование систем / В. М. Томашевский. — К.: Издательская группа BNH, 2005. — 352 с.
3. Дмитрюк, Т. Г., Зори, С. А. Анализ структуры производственной деятельности предприятия как объекта управления / Т. Г. Дмитрюк, С. А. Зори // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк: ГУ ИПИИ. – 2020. – №1 (16). – С. 37–52.
4. Дмитрюк, Т. Г., Зори, С. А. Анализ характеристик транспортно-логистической системы предприятия / Т. Г. Дмитрюк, С. А. Зори // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2020): сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции студенческая секция, Том. 2. 25-26 ноября 2020 г. – Донецк, ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2020. – С. 93–100.
5. Дмитрюк, Т. Г. Математическая модель планирования производственной программы предприятия / Т. Г. Дмитрюк // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк: ГУ ИПИИ. – 2020. – № 2 (17). – С. 26–42.
6. Дмитрюк, Т. Г. Проблемы прогноза и управления планированием производственной

программы предприятия / Т. Г. Дмитрюк // Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение: материалы Донецкого международного круглого стола. – Донецк: ГУ ИПИИ, 2020. – С. 16–21.

7. Фельдбаум, А. А. Основы теории оптимальных автоматических систем / А. А. Фельдбаум. – М.: Наука, 1966. – 624 с.

Дмитрюк Т. Г., Зори С. А. Задачи планирования производственно-логистической деятельности предприятия. В работе рассматривается задача эффективного управления ресурсами предприятия. Выполнено формулирование и решение физической и формальной постановок задач управления производственно-логистической деятельностью предприятия среднего уровня производственной иерархии. Предложена балансовая модель управления ресурсами предприятия, приведены решения оптимизационных задач планирования производства и сбыта продукции потребителям. Разработаны алгоритмы системы управления производством и перевозками продукции предприятия, предложены рекомендации по их реализации.

Ключевые слова: задача управления, балансовая модель, алгоритм системы управления, производство, логистика.

Dmitriuk T., Zori S. Tasks of planning production and logistics activities of the enterprise. The paper is devoted the task of effective enterprise resource control. Formulation and solution of physical and formal tasks of control of production and logistics enterprise activities at the middle level of the production hierarchy is performed. A balance sheet model of enterprise resources control is proposed, optimization tasks solutions of production planning and sales of products to consumers is done. Algorithms of the enterprise production and transportation control system is developed, recommendations for their implementation is proposed.

Key words: task of control, balance sheet model, control system algorithm, production, logistics.

Статья поступила в редакцию 24.11.2021
Рекомендована к публикации профессором Мальчевой Р. В.