

УДК 004.852

DOI 10.47367/0021-3497\_2024\_5\_180

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОБЪЕМОВ  
ПРОИЗВОДСТВА ГОТОВЫХ ТКАНЕЙ В РЕГИОНЕ  
НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ  
(НА ПРИМЕРЕ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**FORECASTING THE DYNAMICS OF THE PRODUCTION  
OF FINISHED FABRICS IN THE REGION BASED  
ON STATISTICAL METHODS  
(USING THE EXAMPLE OF THE IVANOVO REGION)**

*Е.А. ШВАРЕВ*

*E.A. SHVAREV*

(Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России)

(Ivanovo Fire Rescue Academy

of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense,  
Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters)

E-mail: e\_shvarev@inbox.ru

*На основе массива статистических данных разработан ряд прогнозных математических моделей, описывающих динамику производства готовых тканей в Ивановской области. Установлено, что наибольшей точностью обладает прогнозная модель, разработанная по методу Хольта. Точность данной модели составляет 95,1 %. С помощью предложенной математической модели рассчитаны прогнозные значения объема производства готовых тканей в регионе до 2027 года.*

*Based on an array of statistical data, a number of predictive mathematical models describing the dynamics of the production of finished fabrics in the Ivanovo region have been developed. It is established that the predictive model developed using the Holt method has the highest accuracy. The accuracy of this model is 95.1%. With the help of the proposed mathematical model, the projected values of the volume of production of finished fabrics in the region until 2027 are calculated.*

**Ключевые слова:** готовые ткани, прогнозирование, моделирование, временные ряды, метод Хольта.

**Keywords:** fabrics, forecasting, modeling, time series, Holt's method.

Текстильная промышленность традиционно вносит значительный вклад в экономику Ивановской области, а по объему производства готовых тканей область занимает одно из ведущих мест среди регионов Российской Федерации [1].

Департаментом экономического развития и торговли Ивановской области ежегодно разрабатывается прогноз социально-экономического развития области, который является основой для составления проекта бюджета региона [2]. В данных прогнозах рассчитываются важнейшие показатели социально-экономического развития области на трехлетний период.

Для определения точности разработанных прогнозов по производству тканей проведено сравнение прогнозных и фактических значений объемов произведенной продукции в период с 2013 по 2022 год. Определено, что средняя относительная ошибка прогнозирования за указанный период времени составила 10,4 %. Указанное значение ошибки прогнозирования может быть существенно снижено посредством разработки альтернативных прогнозных моделей, что будет способствовать повышению эффективности планирования в сфере экономического развития региона.

Проблемы и перспективы текстильной промышленности России исследованы и подробно описаны в ряде работ [3...5]. В них рассмотрены вопросы, касающиеся описания текущего состояния текстильной промышленности, существующих в отрасли проблем, возможные пути их решения, а вопросы прогнозирования не затронуты.

В работах [6, 7] задача прогнозирования решалась применительно к производству текстильных изделий в масштабах всей Российской Федерации, а вопрос об устойчивости полученных моделей при переходе к рассмотрению динамики производства на региональном уровне, таким образом, остался открытым.

Целью настоящего исследования являлась разработка прогнозной математической модели, описывающей динамику объемов производства готовых тканей в Ивановской области.

Для достижения поставленной цели проведен анализ существующих методов моделирования временных рядов, выполнено моделирование и выбрана модель с наилучшими характеристиками.

Для разработки прогнозных моделей использованы данные о производстве готовых тканей в Ивановской области за период с 2013 по 2022 год (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Год	2013	2014	2015	2016	2017
Произведено тканей, млн кв. м	1104,5	1069,7	1008,4	1052,5	1110,6
Год	2018	2019	2020	2021	2022
Произведено тканей, млн кв. м	1259,7	1300,8	1344,6	1192,4	1146,9

При моделировании временных рядов, описывающих динамику различных процессов, успешно применяются трендовые (линейная, полином 2-го порядка, экспоненциальная, логарифмическая) и адаптивные модели (модель Хольта, модель Хольта-Винтерса) [8].

На основе имеющегося массива исходных данных построен ряд трендовых прогнозных моделей, описывающих динамику производства с помощью соответствующей элементарной функции:

- линейная

$$\hat{y} = 23,124t + 1031,8, \quad (1)$$

- полиномиальная (2-й степени)

$$\hat{y} = -3,2633t^2 + 1031,8, \quad (2)$$

- экспоненциальная

$$\hat{y} = 1034e^{0,02t}, \quad (3)$$

- логарифмическая

$$\hat{y} = 89,909 \ln(t) + 1023,2. \quad (4)$$

Из адаптивных методов прогнозирования практический интерес представлял метод Хольта. Метод Хольта-Винтерса при-

нительно к целям настоящего исследования не подходит, так как в имеющемся массиве данных отсутствует сезонность, наличие которой является необходимым условием применения данного метода.

Исследуемый временной ряд был подвергнут декомпозиции, то есть разложен на две компоненты, одна из которых описывает изменение с течением времени (от одного временного периода к другому) самих значений временного ряда, а другая описывает изменение трендовой составляющей по формуле:

$$\hat{y}_{t+1} = L_t + T_t, \quad (5)$$

где  $\hat{y}_{t+1}$  – модельное значение объема производства готовых тканей для временного периода  $t + 1$ , следующего за текущим временным периодом  $t$ ;  $L_t$  – оценка уровня для текущего периода временного ряда;  $T_t$  – оценка тренда для текущего периода временного ряда.

Оценка текущего уровня и трендовой составляющей для каждого временного периода производилась по формулам:

$$L_t = L_{t-1} + T_{t-1} + \alpha e_t, \quad (6)$$

$$T_t = T_{t-1} + \alpha \beta e_t, \quad (7)$$

где  $L_{t-1}$  – оценка уровня ряда для предшествующего периода временного ряда;  $T_{t-1}$  – оценка тренда для предшествующего периода временного ряда;  $\alpha$ ,  $\beta$  – постоянные сглаживания;  $e_t$  – ошибка прогноза.

Величина ошибки прогноза использовалась для корректировки параметров модели и вычислялась по формуле:

$$e_t = y_t - \hat{y}_t. \quad (8)$$

Необходимо отметить, что постоянные сглаживания могут принимать любые значения в диапазоне  $[0,1]$ . Оптимальные значения постоянных сглаживания вычислялись итеративным путем, т. е. многократным построением модели при различных их значениях. Параметры модели вычислялись

последовательно, от уровня к уровню, и их значения для последнего уровня определили окончательный вид модели.

Алгоритм построения прогнозной модели может быть представлен в следующем виде:

1) оценка начальных значений параметров модели  $L_0$  и  $T_0$ .  $L_0$  принимается равным первому значению имеющегося временного ряда,  $T_0$  вычисляется как разность между вторым и первым значениями временного ряда;

2) вычисление прогнозного значения для первого периода временного ряда;

3) сравнение расчетного значения  $\hat{y}_1$  с фактическим значением  $y_1$  и нахождение величины ошибки прогноза  $e_1$ ;

4) вычисление параметров модели  $L_1$  и  $T_1$ ;

5) переход к следующей итерации и вычисление параметров модели для следующего уровня временного ряда, до тех пор пока  $t < n$ .

После того как  $t=n$ , полученную модель можно использовать для прогнозирования на будущее. Прогнозные значения вычисляются по формуле:

$$\hat{y}_{t+p} = L_t + pT_t, \quad (9)$$

где  $p$  – глубина прогноза (число периодов, на которые строится прогноз).

На основании исходных статистических данных по формулам (5)...(8) построена прогнозная математическая модель. С целью оптимизации полученной модели вычислены значения средней относительной ошибки модели при различных значениях коэффициентов сглаживания  $\alpha$  и  $\beta$ . Критерием оптимизации выступала минимизация средней относительной ошибки модели. Оптимизационная матрица значений средней относительной ошибки модели представлена в табл. 2. Минимальная средняя относительная ошибка полученной математической модели составила 4,9 % при значениях коэффициентов сглаживания  $\alpha=1$ ,  $\beta = 0,3$ .

Таблица 2

$\alpha \backslash \beta$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	17,6	14,1	11,4	9,3	7,7	7,3	7,0	6,7	6,3	5,9	5,6
0,1	17,6	13,4	10,2	8,3	8,0	7,7	7,3	6,9	6,4	5,9	5,5
0,2	17,6	12,7	9,2	8,5	8,3	8,0	7,4	6,8	6,2	5,7	5,2
0,3	17,6	12,1	9,0	8,8	8,6	8,0	7,4	6,6	5,9	5,4	4,9
0,4	17,6	11,4	8,9	9,1	8,7	8,0	7,1	6,5	5,8	5,3	5,0
0,5	17,6	10,8	9,3	9,3	8,7	7,8	7,1	6,4	5,7	5,3	5,0
0,6	17,6	10,2	9,5	9,5	8,7	7,8	7,0	6,2	5,7	5,2	5,1
0,7	17,6	10,0	9,8	9,5	8,5	7,8	6,8	6,1	5,5	5,2	5,2
0,8	17,6	9,9	10,0	9,5	8,6	7,7	6,7	6,0	5,3	5,3	5,3
0,9	17,6	9,8	10,1	9,5	8,6	7,5	6,6	5,8	5,4	5,3	5,4
1,0	17,6	9,7	10,2	9,4	8,5	7,2	6,4	5,5	5,4	5,4	5,5

Параметры полученной математической модели представлены в табл. 3.

Таблица 3

Год	Параметры прогнозной модели			
	$L_t$	$T_t$	$\hat{y}_t$	$e_t$
2013	1104,50	-34,80	1104,50	0,00
2014	1069,70	-34,80	1069,70	0,00
2015	1008,40	-42,75	1034,90	-26,50
2016	1052,50	-16,70	965,65	86,85
2017	1110,60	5,74	1035,81	74,79
2018	1259,70	48,75	1116,34	143,36
2019	1300,80	46,46	1308,45	-7,65
2020	1344,60	45,66	1347,26	-2,66
2021	1192,40	-13,70	1390,26	-197,86
2022	1146,90	-23,24	1178,70	-31,80

С целью выбора модели с наилучшими характеристиками вычислены средняя относительная ошибка и точность полученных моделей. Статистические характеристики моделей приведены в табл. 4.

Таблица 4

Модель	MAPE	Точность модели, %
Линейная $\hat{y} = 23,124t + 1031,8$	9,4	90,6
Полином 2-й степени $\hat{y} = -3,2633t^2 + 1031,8$	9,3	90,7
Экспоненциальная $\hat{y} = 1034e^{0,02t}$	9,3	90,7
Логарифмическая $\hat{y} = 89,909 \ln(t) + 1023,2$	9,8	90,2
Двухпараметрическая модель Хольта	4,9	95,1

Как следует из данных, приведенных в табл. 4, наибольшим значением точности (95,1 %) обладает модель, полученная по методу Хольта, которая и была применена для прогнозирования.

Прогнозные значения по показателю «Производство готовых тканей» в Ивановской области на 2025–2027 годы рассчитаны по формуле (9). Данные показатели составили 1077,18 млн кв. метров для 2025 года, 1053,94 млн кв. метров для 2026 года и 1030,7 млн кв. метров для 2027 года.

Динамика объема производства готовых тканей в Ивановской области и прогноз на 2025–2027 годы представлены на рис. 1.

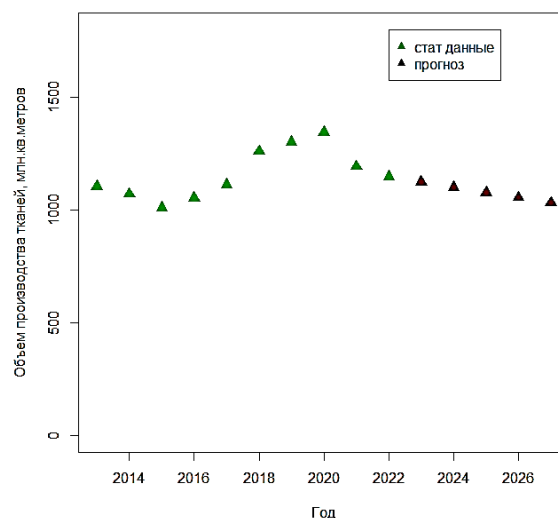


Рис. 1

Отметим, что в соответствии с построенной математической моделью прогнозируется снижение объема производства готовых тканей на территории Ивановской области в перспективе ближайших нескольких лет. Ожидаемое снижение объемов производства в год составляет примерно 23 млн кв. метра.

## ВЫВОДЫ

Разработан ряд прогнозных математических моделей, описывающих динамику производства готовых тканей в Ивановской области. Определено, что наибольшей точностью (95,1 %) обладает модель, разработанная по методу Хольта. Рассчитаны прогнозные значения объемов производства готовых тканей в Ивановской области до 2027 года.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2023: стат. сб. / Росстат. М., 2023. 1126 с.
2. <https://derit.ivanovoobl.ru/deyatelnost/strategicheskoe-planirovanie/prognoz-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya/> (дата обращения 05.03.2024).
3. *Котегова Л.А., Зайцева И.А., Колесникова О.С., Мишурова И.В.* Состояние и возможные направления развития текстильной промышленности в России // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. № 5. С. 14...18.
4. *Сушко Д.И., Михайлова Л.С.* Анализ и прогнозирование динамики развития текстильной промышленности в Краснодарском крае // Экономика и менеджмент: новые вызовы и возможности: сб. науч. тр. II Междунар. науч.-практ. конф. Ростов н/Д, 2024. Ч. 1. С. 663...666.
5. *Ибрагимова Р.С.* Проблемы долгосрочного роста текстильной и швейной промышленности России // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2019. № 4. С. 617...636.
6. *Касумова Н.М., Никитина Л.Н., Шиков П.А.* Проблемы и перспективы развития текстильной промышленности в Российской Федерации // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 11. С. 92...96.
7. *Осипов А.Л., Бабешко В.Н.* Прогнозирование динамики роста текстильной и швейной промышленности в России // Бюллетень транспортной информации. 2021. № 5. С. 15...20.

8. *Барбашова Е.В., Гайдамакина И.В., Польшкова Н.В.* Прогнозирование в коротких временных рядах: методологические и методические аспекты // Вестник аграрной науки. 2020. № 2. С. 84...98.

## REFERENCES

1. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2023: statistical collection / Rosstat. M., 2023. 1126 p.
2. <https://derit.ivanovoobl.ru/deyatelnost/strategicheskoe-planirovanie/prognoz-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya/> (last accessed 05.03.2024).
3. *Kotegova L.A., Zaytseva I.A., Kolesnikova O.S., Mishurova I.V.* Status and possible directions of development of textile industry in Russia // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2016. N. 5. P. 14...18.
4. *Sushko D.I., Mikhailova L.S.* Analysis and forecasting of the dynamics of the textile industry in the Krasnodar territory // Economics and management: new challenges and opportunities: collection of scientific papers of the second international scientific and practical conference. Rostov n/D, 2024. P. 1. P. 663...666.
5. *Ibragimova R.S.* Problems of long-term growth of textile and clothing industry in Russia // Perm university herald. Economy. 2019. № 4. P. 617...636.
6. *Kasumova N.M., Nikitina L.N., Shikov P.A.* Problems and prospects of development of the textile industry in the Russian Federation // Science and business: ways of development. 2021. № 11. P. 92...96.
7. *Osipov A.L., Babeshko V.N.* Forecasting the growth dynamics of the textile and clothing industry in Russia // Transport information bulletin. 2021. № 5. P. 15...20.
8. *Barbashova E.V., Gaydamakina I.V., Polshkova N.V.* Forecasting in short time series: methodological and methodical aspects // Bulletin of agricultural science. 2020. № 2. P. 84...98.

Рекомендована кафедрой естественнонаучных дисциплин Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. Поступила 07.05.24.