

Планирование производственных мощностей предприятий индустриального домостроения в условиях изменения спроса на продукцию

Магистр техн. наук В. Ю. Гуринович¹⁾, Д. А. Поздняков²⁾,
докт. техн. наук П. И. Юхневский¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь),

²⁾Государственное предприятие «Институт жилища – НИПТИС имени Атаева С. С.»

© Белорусский национальный технический университет, 2024
Belarusian National Technical University, 2024

Реферат. Основным критерием технико-экономического обоснования эффективности производства предприятий индустриального домостроения, анализа внутрипроизводственных резервов и оптимального объема выпуска продукции является показатель производственной мощности. С учетом этого исследование различных факторов, оказывающих влияние на показатели производственной мощности, является важной задачей. В статье представлены результаты исследований влияния этажности и набора блок-секций в комплектации жилых домов в индустриальном исполнении на изменение соотношения типов изделий в номенклатуре производственной программы предприятий. Установлены колебания показателей соотношения типов изделий при строительстве разнотипных домов. Основываясь на полученных результатах, построена зависимость производственной мощности предприятий от колебаний показателей соотношения типов изделий. Определено, что основной причиной выявленных фактов снижения производственных мощностей является неравномерная загрузка технологических линий при колебаниях показателей соотношения типов изделий в номенклатуре производственных программ предприятий индустриального домостроения. С учетом известных фактов зависимости производственной мощности от показателей бетоноемкости блок-секций домов представлены результаты сравнения степени влияния на производственную мощность бетоноемкости и соотношения основных типов изделий в номенклатуре производственных программ предприятий. Установлено, что ключевое влияние на показатели производственных мощностей оказывает изменение соотношения типов изделий. На основании проведенных исследований определены оптимальные резервы производственных мощностей при высокой доле разнотипных домов в производственных программах предприятий. С учетом установленных показателей снижения производственных мощностей оптимальное их резервирование находится в пределах 20–25 % от проектной мощности предприятия, что должно служить ориентиром при планировании функционирования системы управления производством в условиях изменения спроса на продукцию.

Ключевые слова: производственная мощность, производство сборных железобетонных конструкций, номенклатура изделий, индустриальное строительство, предприятия индустриального домостроения, производственная программа, эффективность производства, организация производства

Для цитирования: Гуринович, В. Ю. Планирование производственных мощностей предприятий индустриального домостроения в условиях изменения спроса на продукцию / В. Ю. Гуринович, Д. А. Поздняков, П. И. Юхневский // Наука и техника. 2023. Т. 23, № 3. С. 242–250. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2024-23-3-242-250>

Planning of Production Capacities of Precast Construction Plants under Conditions of Changes in Demand for Products

Gurinovich V. Yu.¹⁾, Pozdnyakov D. A.²⁾, Yukhnevskiy P. I.¹⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus),

²⁾Institute of Housing – NIPTIS named after S. Ataev (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The main criterion for a feasibility study of the production efficiency of precast construction plants, analysis of internal production reserves and optimal production volume is the production capacity indicator. Thus, the study of various

Адрес для переписки

Гуринович Виталий Юрьевич
Белорусский национальный технический университет
просп. Независимости, 65,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 292-74-12
Gurinovich@bntu.by

Address for correspondence

Gurinovich Vitaliy Yu.
Belarusian National Technical University
65, Nezavisimosty Ave.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 292-74-12
Gurinovich@bntu.by

Factors influencing the production capacity indicators is an important task. The results of research of the influence of the number of storeys and the set of block sections in the configuration of industrial residential buildings on changes in the ratio of product types in the range of the production programme of plants are presented in the paper. Fluctuations in the ratio of product types during the construction of different types of houses have been established. Based on the obtained results, the dependence of the production capacity plants on fluctuations in the ratio of product types has been constructed. It has been determined that the main reason for the revealed facts of a decrease in production capacity is the uneven loading of production lines with fluctuations in the ratio of product types in the range of production programs of precast construction plants. Taking into account the known facts of the dependence of production capacity on the concrete capacity of block sections of houses, the results of a comparison of the degree of influence of concrete capacity on the production capacity and the ratio of the main types of products in the range of production programs of plants are presented in the paper. It has been established that a key influence on the indicators of production capacity is exerted by changes in the ratio of product types. On the basis of the conducted research, optimal reserves of production capacity have been determined with a high share of different types of houses in the production programs of the plants. Taking into account the established indicators of production capacity reduction, their optimal reservation is within 20–25 % of the design capacity of the plants, which should serve as a reference point when planning the functioning of the production management system under the conditions of changes in demand for products.

Keywords: production capacity, production of precast reinforced concrete structures, product range, prefabricated construction, precast construction plants, production program, production efficiency, production scheduling

For citation: Gurinovich V. Yu., Pozdnyakov D. A., Yukhnevskiy P. I. (2024) Planning of Production Capacities of Precast Construction Plants under Conditions of Changes in Demand for Products. *Science and Technique*. 23 (3), 242–250. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2024-23-3-242-250> (in Russian)

Введение

Основы расчета производственной мощности заложены в учебно-методической литературе [1–3], работах Г. И. Цителаури [4], Б. М. Стефанова [5], Г. Я. Антоненко [6]. Методики расчета базируются на определении показателей при максимальной загрузке производственных мощностей, постоянном во времени спросе на продукцию. Однако важной задачей повышения эффективности производства является учет и прогнозирование производственной мощности при постоянно изменяющемся спросе на продукцию. Это обусловлено тем, что действующая производственная мощность имеет динамический характер и изменяется в соответствии с организационно-техническим уровнем производства и номенклатурой изделий модификаций блок-секций в производственной программе предприятий [7].

Номенклатура изделий находится в прямой зависимости от архитектурной индивидуальности и гибкости конструктивно-планировочных решений домов, доли индивидуальных жилых домов коттеджного типа в программе строительства и характеризуется значительным ростом при модернизации серий домов [8–11]. Данное утверждение в полной мере подтверждается представленной в работе [7] функциональной зависимостью роста количества марок изделий при увеличении доли точечных домов в производственной программе предприятий. Также установлено, что показатель бетоноемкости блок-секций домов находится в прямой зависимости от этажности и количества блок-секций в комплектации домов [7].

Термин «бетоноемкость» в исследованиях обозначает отношение объема железобетонных изделий в номенклатуре дома или отдельной блок-секции дома к 1 м^2 общей площади. Рост номенклатуры изделий и бетоноемкости блок-секций является следствием увеличения количества формовок в производственном цикле на 20–25 % и соответственно расхода бетонной смеси на 28–33 % [8]. Это в свою очередь оказывает существенное влияние на производственную мощность предприятий.

В то же время известно, что изменение соотношения основных типов изделий в номенклатуре производственных программ предприятий оказывает влияние на показатели производственной мощности вследствие неравномерной загрузки технологических линий, специализирующихся на выпуске однотипной продукции [7, 8, 10, 12]. Несмотря на гибкость современных технологий, совмещение производства разнотипных изделий на технологических линиях по ряду причин (конструктивные и габаритные решения изделий, параметры производственных линий) не представляется возможным или ограничивается экономической эффективностью такого решения [13].

На основании сказанного выше можно сделать вывод, что исследование параметров номенклатуры изделий, влияющих на динамический характер производственной мощности, изучение закономерности влияния номенклатуры изделий на производственную мощность предприятий – важная задача совершенствования и повышения эффективности производственных баз индустриального домостроения.

В статье представлены результаты исследований влияния изменения соотношения основных типов изделий в номенклатуре производственных программ предприятий при строительстве разнотипных домов на показатели производственной мощности, а также результаты сравнения степени влияния на показатели производственных мощностей изменения бетоноемкости модификаций блок-секций и соотношения основных типов изделий в номенклатуре производственной программы предприятий.

Влияние изменения соотношения основных типов изделий на показатели производственных мощностей предприятий

Выполнен анализ соотношения основных типов изделий по показателям бетоноемкости в номенклатуре производственной программы четырех предприятий индустриального домостроения в зависимости от этажности и набора блок-секций в комплектации домов. Предприятия индустриального домостроения для обеспечения конфиденциальности данных обозначены как предприятие «А», «В», «С» и «D» соответственно. С учетом набора домов в производственной программе предприятий установлены рамки анализа номенклатуры изделий в диапазоне этажности домов от 3 до 18 и количества блок-секций до 4. Доля доборных изделий учтена при анализе соотношения типов изделий в номенклатуре производственной программы предприятий, но на графиках не отображалась. Максимальные колебания показателей соотношения основных типов изделий зафиксированы в номенклатуре производственной программы предприятия «А» (табл. 1). Так, колебания доли плит перекрытия превышают 40 %, наружных стеновых панелей и внутренних стеновых панелей более 36 %.

Графики изменения соотношения основных типов изделий в номенклатуре производственной программы предприятий представлены на рис. 1.

Различные тенденции распределения основных типов изделий обусловлены индивидуаль-

ностью конструктивных систем и проектных решений серий домов в производственных программах предприятий. Так, для предприятия «А» наблюдается снижение долей всех основных типов изделий при росте этажности блок-секций, что вызвано одновременным ростом доли доборных изделий. Для остальных анализируемых типовых серий доля доборных изделий не оказывает существенного влияния на колебания показателей соотношения основных типов изделий при изменении этажности блок-секций.

Таблица 1

Колебания показателей соотношения основных типов изделий в номенклатуре производственной программы, %

Fluctuations in the ratio of basic types of products in the range of production program, %

Предприятие	Наружные стеновые панели	Внутренние стеновые панели	Плиты перекрытия
«А»	36,2	36,0	40,5
«В»	28,1	4,4	14,5
«С»	17,1	7,3	5,6
«D»	6,2	1,3	4,1

С учетом установленных колебаний соотношения основных типов изделий в номенклатуре производственных программ предприятий действующая производственная мощность будет определяться производительностью технологической линии, которая обеспечит максимально возможный комплектный выпуск продукции.

Для анализа изменения производительности технологических линий, специализирующихся на выпуске основных типов изделий, установлена зависимость бетоноемкости основных типов изделий в номенклатуре производственных программ от этажности и набора блок-секций в комплектации домов (табл. 2).

Проверка полученных моделей по критерию Фишера показала, что модели адекватно представляют расчетные значения и информационно значимы.

На основании полученных выражений построены графики зависимости производственной мощности предприятий (в %) от изменения

показателей бетоноемкости основных типов изделий при колебаниях соотношения этих из-

делий в номенклатуре производственной программы предприятий (рис. 2).

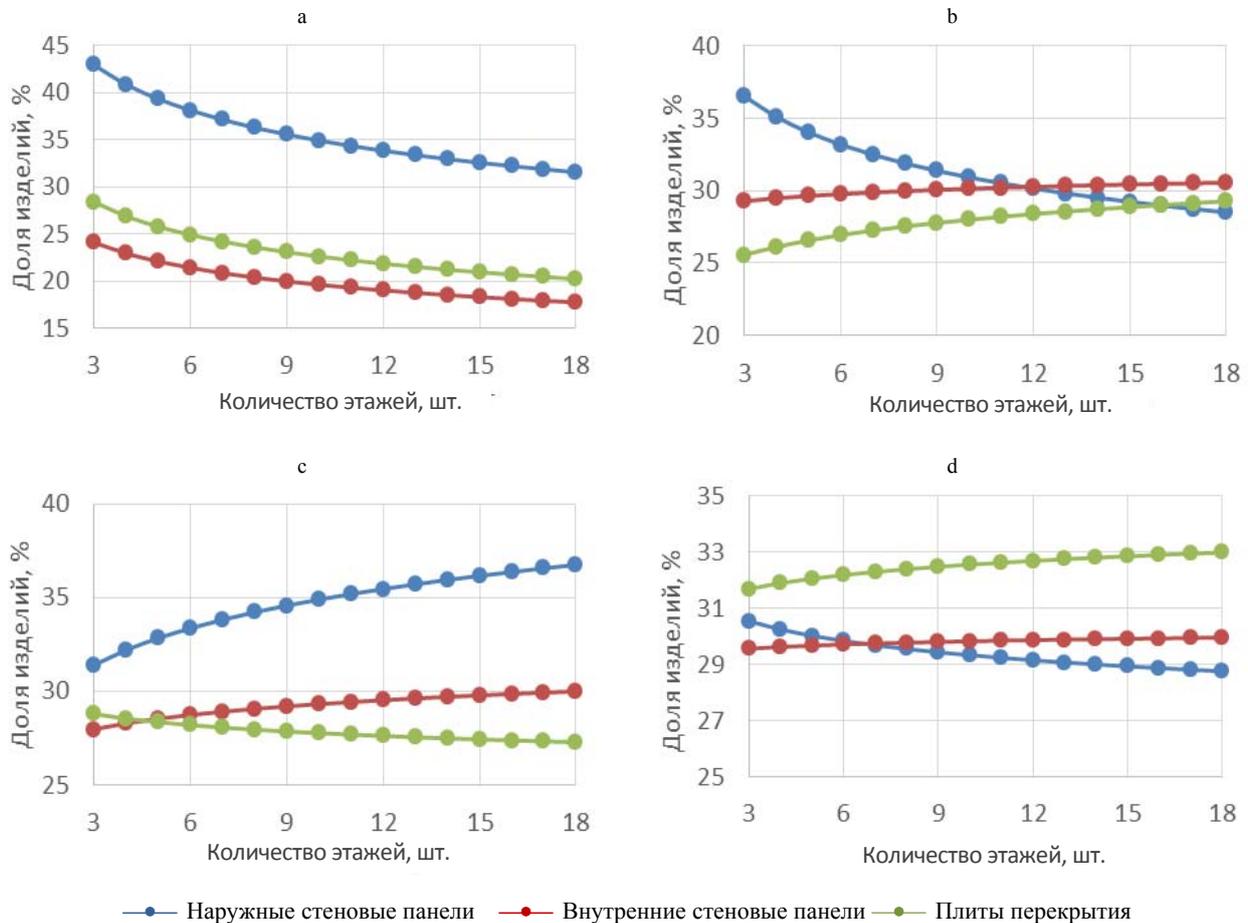


Рис. 1. Распределение основных типов изделий в номенклатуре производственной программы предприятий: а – предприятие «А»; б – предприятие «В»; с – предприятие «С»; d – предприятие «D»

Fig. 1. Distribution of the main types of products in the range of production program of plants: а – plant “A”; б – plant “B”; с – plant “C”; d – plant “D”

Таблица 2

Зависимости бетоноемкости основных типов изделий от этажности и количества блок-секций в комплектации домов

Dependence of concrete capacity of the main types of products on the number of storeys and the number of block sections in house configurations

Предприятие	Зависимость		
	Наружные стеновые панели	Внутренние стеновые панели	Плиты перекрытия
«А»	$K_6 = 0,657 \times X_1^{-0,279} \times X_2^{-0,211}$	$K_6 = 0,379 \times X_1^{-0,282} \times X_2^{-0,235}$	$K_6 = 0,479 \times X_1^{-0,328} \times X_2^{-0,213}$
«В»	$K_6 = 0,458 \times X_1^{-0,236} \times X_2^{-0,140}$	$K_6 = 0,373 \times X_1^{-0,137} \times X_2^{-0,183}$	$K_6 = 0,236 \times X_1^{-0,021} \times X_2^{-0,044}$
«С»	$K_6 = 0,527 \times X_1^{-0,317} \times X_2^{-0,160}$	$K_6 = 0,497 \times X_1^{-0,391} \times X_2^{-0,139}$	$K_6 = 0,452 \times X_1^{-0,384} \times X_2^{-0,0032}$
«D»	$K_6 = 0,321 \times X_1^{-0,198} \times X_2^{-0,098}$	$K_6 = 0,355 \times X_1^{-0,271} \times X_2^{-0,025}$	$K_6 = 0,261 \times X_1^{-0,002} \times X_2^{-0,084}$

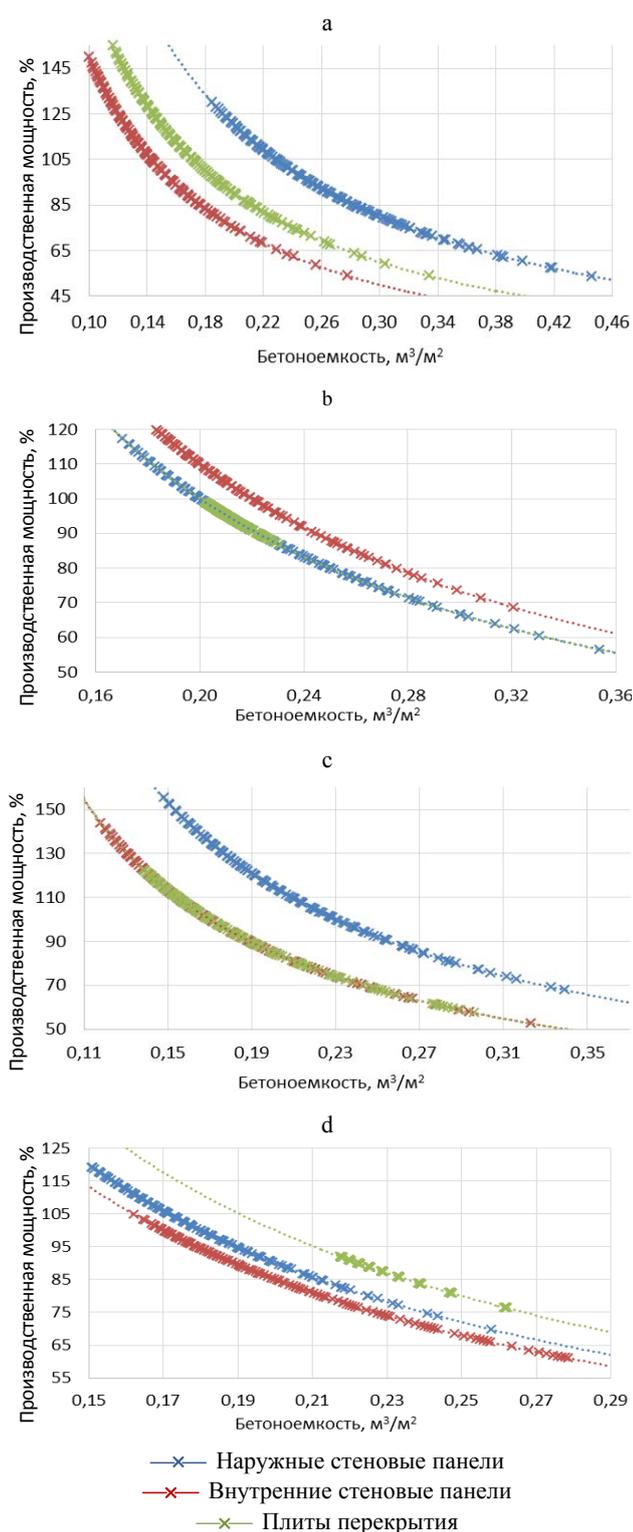


Рис. 2. Зависимость показателей производственных мощностей от изменения бетоноёмкости основных типов изделий: а – предприятие «А»; б – предприятие «В»; с – предприятие «С»; д – предприятие «Д»

Fig. 2. Dependence of production capacity indicators on changes in concrete capacity of main types of products: а – plant “А”; б – plant “В”; с – plant “С”; д – plant “Д”

Рост бетоноёмкости основных типов изделий является следствием снижения производительности технологических линий. Как видно из графиков на рис. 2, данный факт приводит к снижению показателей производственной мощности предприятий относительно проектных значений. При этом для отдельных модификаций домов с относительно низкими показателями бетоноёмкости основных типов изделий наблюдается рост производственной мощности до 50 % относительно проектных показателей. Однако следует отметить, что такие модификации домов характеризуются этажностью 18 уровней и набором блок-секций в комплектации домов не менее 9. Как показал анализ модификаций домов в производственных программах предприятий, такие решения домов в отечественной практике индустриального домостроения не применяются.

Влияние параметров номенклатуры изделий на показатели производственной мощности предприятий

Доминирующее влияние на изменение бетоноёмкости блок-секций и соотношение основных типов изделий оказывает этажность блок-секций. С учетом приведенного факта для установления зависимости производственных мощностей от параметров номенклатуры изделий в качестве основного критерия принята этажность при наборе секций в комплектации домов, равном 4.

На рис. 3 представлены совмещенные графики зависимости показателей производственных мощностей от бетоноёмкости блок-секций и изменения соотношения основных типов изделий в номенклатуре производственных программ предприятий при изменении этажности блок-секций домов.

В соответствии с графиками (рис. 3) производительность технологических линий при изменении соотношения основных типов изделий оказывает определяющее влияние на показатели производственных мощностей предприятий. Установлено, что влияние производительности технологических линий на показатели производственной мощности предприятий увеличивается при снижении этажности блок-секций домов. В свою очередь, рост доли наружных стеновых панелей в номенклатуре изделий имеет определяющее значение. Исключение установлено только для предприятия «Д».

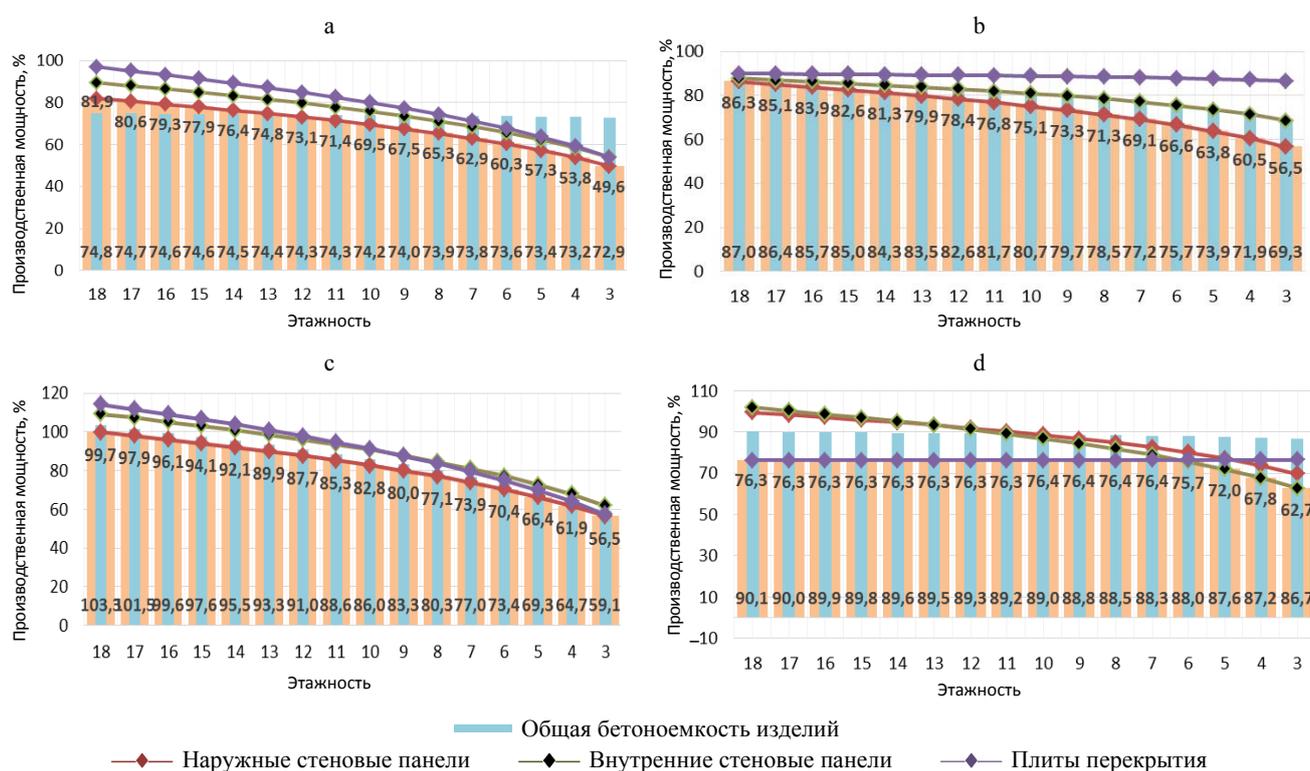


Рис. 3. Показатели изменения производственных мощностей с учетом производительности технологических линий: а – предприятие «А»; б – предприятие «В»; с – предприятие «С»; d – предприятие «D»

Fig. 3. Indicators of changes in production capacity taking into account the productivity of technological lines: a – plant “A”; b – plant “B”; c – plant “C”; d – plant “D”

Зафиксированы отклонения показателей производственных мощностей, установленных по бетоноемкости блок-секций и производительности технологических линий. При этом отклонения увеличиваются при снижении этажности блок-секций. Для блок-секций предприятия «А» при этажности более 12 уровней показатель производственных мощностей определяется бетоноемкостью блок-секций, что объясняется ростом доли доборных изделий при увеличении этажности блок-секций. В остальных

анализируемых типовых сериях для всей анализируемой линейки этажности блок-секций показатель производственных мощностей зависит от производительности технологических линий. Отклонения показателей производственной мощности предприятий, установленных по производительности технологических линий, от показателей, установленных по бетоноемкости блок-секций анализируемых серий, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Отклонения расчетных данных производственной мощности предприятий
Deviations in calculated data of production capacity of plants

Пред- приятие	Отклонения расчетных показателей освоения производственной мощности предприятий при этажности блок-секций, %															
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
«А»	-7,2	-5,9	-4,6	-3,3	-1,9	-0,4	1,2	2,9	4,6	6,5	8,6	10,9	13,4	16,2	19,4	23,3
«В»	0,7	1,3	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,9	5,6	6,4	7,2	8,1	9,1	10,1	11,3	12,7
«С»	3,6	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7
«D»	13,8	13,7	13,6	13,5	13,3	13,2	13,0	12,8	12,6	12,4	12,2	11,9	12,3	15,6	19,4	23,9

Как видно из табл. 3, определяющее значение на показатели производственной мощности оказывает производительность технологических линий при изменении соотношения основных типов изделий. Так, при максимальной анализируемой этажности блок-секций превышение показателей, установленных по бетоноемкости блок-секций, достигает для отдельных серий домов более 23 %. Только для предприятия «А» для домов этажностью до 9 уровней определяющее значение на показатели производственной мощности оказывает бетоноемкость блок-секций. Таким образом, при формировании производственной программы предприятий первоочередной задачей является определение производительности каждой технологической линии с учетом изменения показателей соотношения основных типов изделий в номенклатуре производственных программ предприятий.

Определение оптимального резервирования производственных мощностей предприятий

Для сглаживания систематически изменяемой номенклатуры изделий при строительстве домов различной этажности в рекомендациях расчета производственной мощности предприятий предусмотрено резервирование запаса мощности на каждой технологической линии в размере 6 % [3]. В [12] приводятся данные анализа рекомендаций справочной литературы и результатов исследований оптимальных резервов производственных мощностей для обеспечения эффективности производства. Для ком-

пенсации колебаний потребности в отдельных типах изделий и снижения серийности производства при увеличении количества марок рекомендуется резерв не более 10–15 %.

Для изучения оптимальных резервов производственной мощности выполнено распределение домов в производственных программах предприятий по количеству этажей блок-секций. На рис. 4 приведены данные анализа производственных программ девяти отечественных предприятий.

Как видно из рис. 4, наибольшая доля блок-секций (36 %) в производственных программах предприятий имеет высотность 10 этажей. При этом доля домов высотой ниже 10 этажей составляет 43 % в общем объеме возводимого жилья в индустриальном исполнении. Таким образом, в программах строительства жилья преобладает малоэтажная застройка территорий, что увеличивает для предприятий риск снижения показателей освоения производственных мощностей. Это утверждение подтверждается данными, представленными на рис. 3.

Зафиксированы следующие средние показатели параметров домов в индустриальном исполнении: набор секций в комплектации дома – 3,0; этажность домов – 12,3; этажность секций в комплектации домов – 9,6.

С учетом установленной средней этажности блок-секций определены максимальные показатели снижения производственных мощностей. В табл. 4 приведены показатели освоения производственных мощностей в зависимости от бетоноемкости блок-секций и производительности технологических линий при изменении соотношения основных типов изделий.

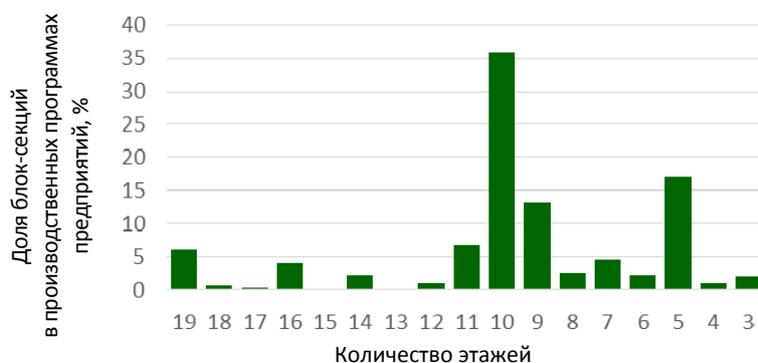


Рис. 4. Распределение жилья в индустриальном исполнении в зависимости от этажности

Fig. 4. Distribution of prefabricated construction housing depending on number of storeys

Таблица 4

Показатели освоения производственной мощности и оптимальные резервы производственной мощности
Indicators of development of production capacity and optimal reserves of production capacity

Предприятие	Минимальное значение показателя освоения производственной мощности, %	
	по коэффициенту соответствия бетоноемкости изделий	по производительности технологических линий
«А»	74,0	67,6
«В»	79,6	73,3
«С»	86,7	75,2
«D»	83,4	80,2
Среднеарифметический показатель	80,9	74,1
Среднеквадратическое отклонение	5,5	5,2
Коэффициент вариации, %	7,0	7,0
Резервы производственной мощности с учетом колебаний параметров номенклатуры изделий, %	20	25

В соответствии с данными в табл. 4 усредненный показатель резервов производственной мощности достигает значения 25 %, что в свою очередь может служить ориентиром при планировании функционирования системы управления производством в условиях изменения спроса на продукцию.

ВЫВОДЫ

1. Теоретический анализ литературы показал, что известные подходы определения производственных мощностей требуют оптимизации в связи с влиянием роста номенклатуры изделий на параметры производства, в том числе производительность предприятий. Установлена актуальность учета влияния на показатели производственной мощности предприятий номенклатуры изделий и влияния параметров номенклатуры изделий на уровень освоения производственных мощностей.

2. Анализ распределения основных типов изделий в номенклатуре производственных программ предприятий индустриального домостроения зафиксировал колебания данных при изменении этажности блок-секций. При этом колебания доли основных типов изделий производственных программ отдельных предприятий достигают: 40 % – для плит перекрытия; 36 % – для наружных и внутренних стеновых панелей. Различные тенденции изменения доли основных типов изделий в номенклатуре производственных программ предприятий обусловлены индивидуальностью конструктивных систем и проектных решений домов.

3. Приведены зависимости показателей освоения производственных мощностей от бетоноемкости основных типов изделий с учетом влияния на них изменения соотношения изделий за счет изменения производительности технологических линий. Обобщая результаты проведенных исследований, приведены графики зависимости показателей освоения производственных мощностей от бетоноемкости блок-секций и производительности технологических линий при изменении соотношения основных типов изделий. Установлено, что уровень освоения производственной мощности в большей степени зависит от производительности технологических линий.

4. На основании установленной средней этажности и набора секций в производственных программах девяти предприятий индустриального домостроения определены максимальные показатели снижения производственной мощности. С учетом зафиксированных параметров номенклатуры изделий для средней этажности и набора блок-секций в комплектации домов при формировании производственных программ предприятий в условиях действующего производства или технологическом проектировании нового строительства (реконструкции) предприятий для обеспечения достижения проектных показателей оптимальные резервы производственных мощностей рекомендованы в диапазоне 20–25 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона: ОНТП 07–85. Введ. 01.01.1986. (Взамен «Общесоюзных норм технологического проектирования предприятий сборного желе-

- зобетона» ОНТП-7–80). М.: М-во промышленности строительных материалов СССР, 1986. 51 с.
- Инструкция по определению производственной мощности предприятий сборного железобетона: утв. М-вом промышленности строительных материалов СССР. М.: Всесоюз. науч.-исследоват. ин-т заводской технология сборных железобетонных конструкций и изделий ВНИИЖЕЛЕЗОБЕТОН, 1978. 71 с.
 - Методические указания по определению производственных мощностей предприятий крупнопанельного домостроения: утв. Гос. комитетом по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР. М.: Центр. науч.-исслед. и проектный ин-т типового и экспериментального проектирования жилища (ЦНИИЭП жилища), 1971. 22 с.
 - Цителаури, Г. И. Проектирование предприятий сборного железобетона: учеб. для вузов по спец. «Производство строительных изделий и конструкций» / Г. И. Цителаури. М.: Высш. шк., 1986. 312 с.
 - Стефанов, Б. В. Организация технологических процессов на заводах сборного железобетона / Б. В. Стефанов, Г. Я. Антоненко. Киев: Будівельник, 1965. 82 с.
 - Антоненко, Г. Я. Организация, планирование и управление предприятиями строительных изделий и конструкций / Г. Я. Антоненко. Киев: Высш. шк., 1981. 375 с.
 - Гуринович, В. Ю. Исследование влияния номенклатуры изделий на показатели производственной мощности предприятий индустриального домостроения / В. Ю. Гуринович // Наука и техника. 2024. Т. 23, № 2. С. 128–139. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2024-23-2-128-139>.
 - Граник, Ю. Г. Реконструкция и техническое перевооружение предприятий полносборного домостроения / Ю. Г. Граник, С. И. Полтавцев. М.: Стройиздат, 1989. 271 с.
 - Джалилов, Ф. Ф. Разработка методов формирования организационно-технологических решений по реконструкции действующих предприятий: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / Ф. Ф. Джалилов. М., 1996. 356 л.
 - Николаев, С. В. Оптимизация проектных и производственных решений технологии производства изделий крупнопанельного домостроения: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08 / С. В. Николаев. М., 1981. 399 л.
 - Алешина, Л. С. Унификация сборных железобетонных изделий полносборного домостроения на основе заводского производства: дис. ... канд. техн. наук: 08.00.05 / Л. С. Алешина. М., 1984. 166 л.
 - Климкин, К. А. Методические основы оценки использования производственных мощностей домостроительных предприятий в условиях инвестиционного спада: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / К. А. Климкин. Хабаровск, 1998. 143 л.
 - Yang, Z. Optimized Flowshop Scheduling of Multiple Production Lines for Precast Production / Z. Yang, Z. Ma, S. Wu // Automation in Construction. 2016. No 72. P. 321–329. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.021>.

Поступила 15.02.2024

Подписана к печати 18.04.2024

Опубликована онлайн 31.05.2024

REFERENCES

- ONTP 07–85. *All-Union Norms for Technological Design of Prefabricated Reinforced Concrete Enterprises*. Moscow Ministry of Construction Materials Industry of the USSR, 1986. 51 (in Russian).
- Instructions for Determining the production Capacity of Precast Concrete Enterprises: Approved by the Ministry of Construction Materials Industry of the USSR*. Moscow, All-Union Scientific Research Institute of Factory Technology of Prefabricated Reinforced Concrete Structures and Products [VNIIZhELEZOBETON], 1978. 71 (in Russian).
- Guidelines for Determining the Production Capacity of Large-Panel Housing Construction Enterprises: Approved by the State Committee for Civil Engineering and Architecture under the USSR State Construction Committee*. Moscow, Central Research and Design Institute for Standard and Experimental Housing Design (TsNIIEP zhilishcha), 1971. 22 (in Russian).
- Tsitelauri G. I. (1986) *Design of Precast Concrete Plants*. Moscow, Vysshaya Shkola Publ. 312 (in Russian).
- Stefanov B. V., Antonenko G. Ya. (1965) *Organization of Technological Processes at Precast Concrete Factories*. Kiev, Budivelnik Publ. 82 (in Russian).
- Antonenko G. Ya. (1981) *Organization, Planning and Management of Construction Products and Structures Enterprises*. Kiev, Vysshaya Shkola Publ. 375 (in Russian).
- Gurinovich V. Yu. (2024) Study of Influence of Product Range on Production Capacity Indicators of Precast Construction Plants. *Nauka i Tehnika = Science and Technique*, 23 (2), 128–139 (in Russian). <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2024-23-2-128-139>.
- Granik Yu. G., Poltavtsev S. I. (1989) *Reconstruction and Technical Re-Equipment of Prefabricated Housing Construction Enterprises*. Moscow, Stroyizdat Publ. 271 (in Russian).
- Dzhalilov F. F. (1996) *Development of Methods for Forming Organizational and Technological Solutions for the Reconstruction of Existing Enterprises*: Dissertation of Candidate of Technical Sciences. Moscow. 356 (in Russian).
- Nikolaev S. V. (1981) *Optimization of Design and Production Solutions for the Production Technology of Large-Panel Housing Construction Products*: Dissertation of Doctor of Technical Sciences. Moscow. 399 (in Russian).
- Alyoshina L. S. (1984) *Unification of Prefabricated Reinforced Concrete Products for Prefabricated Housing Construction Based on Factory Production*: Dissertation of Candidate of Technical Sciences. Moscow. 166 (in Russian).
- Klimkin K. A. (1998) *Methodological Basis for Assessing the Use of Production Capacity of House-Building Enterprise in Conditions of Investment Recession*: Dissertation of Candidate of Economic Sciences. Khabarovsk. 143 (in Russian).
- Yang Z., Ma Z., Wu S. (2016) Optimized Flowshop Scheduling of Multiple Production Lines for Precast Production. *Automation in Construction*, (72), 321–329. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.021>.

Received: 15.02.2024

Accepted: 18.04.2024

Published online: 31.05.2024