

Экономика и финансы Economy and finance

Научная статья
УДК 338.33
DOI: 10.14529/em220409

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ МАЛЫХ И СРЕДНИХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЁТОМ ПОТЕНЦИАЛА ЗАКАЗЧИКА

И.В. Ершова, i.v.ershova@urfu.ru
А.В. Ключев, a.v.klyuev@gmail.com

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

Аннотация. Цель исследования состоит в разработке методического подхода формирования и корректировки производственной программы для малых и средних предприятий машиностроительной отрасли. Выбор объекта исследования объясняется развитием среднего и малого бизнеса, спецификой рынка и заказчиков, ограничениями использования существующего методического инструментария, новыми возможностями цифровых технологий. Авторы предлагают выделять перспективных заказчиков на основе вводимого показателя «коэффициент потенциала заказчика». На первом этапе коэффициент потенциала рассчитывается на основании статистики объема заказов и определяет рост объемов продаж по клиенту в последующие периоды. На втором этапе находится регрессионная зависимость между расчетным коэффициентом и открытыми данными внешней отчетности по клиентам. Это позволяет рассчитывать коэффициент для любого нового заказчика. Вводимый показатель используется в целевой функции оптимизационной модели производственной программы.

В статье представлен алгоритм расчетов и иллюстрации применения метода для машиностроительного предприятия среднего и малого бизнеса. Результаты апробации показали достоверность предлагаемого подхода.

Ключевые слова: производственная программа, малый и средний бизнес, перспективный клиент, потенциал заказчика

Для цитирования: Ершова И.В., Ключев А.В. Оптимизация производственной программы малых и средних машиностроительных предприятий с учётом потенциала заказчика // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2022. Т. 16, № 4. С. 81–88. DOI: 10.14529/em220409

Original article
DOI: 10.14529/em220409

OPTIMIZATION OF THE PRODUCTION PROGRAM OF SMALL AND MEDIUM-SIZED MACHINE-BUILDING ENTERPRISES WITH CONSIDERATION TO CUSTOMER POTENTIAL

I.V. Ershova, i.v.ershova@urfu.ru
A.V. Klyuev, a.v.klyuev@gmail.com

Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

Abstract. The purpose of the study is to develop a methodological approach to the formation and adjustment of the production program for small and medium-sized enterprises of the machine-building industry. The choice of the object of study is explained by the development of medium and small-sized businesses, the specifics of the market and clients, the limitations to the use of the existing methodological tools, and

© Ершова И.В., Ключев А.В., 2022

by the new opportunities of digital technologies. The authors propose to identify prospective clients based on the introduced indicator of customer potential coefficient. At the first stage, the potential coefficient is calculated based on the statistics of the number of orders and is used to determine the growth of the number of sales on the client in subsequent periods. At the second stage, the regression dependence between the calculated coefficient and the open data of external reporting on the client is observed. This makes it possible to calculate the coefficient for any new client. The entered indicator is used in the objective function of the optimization model of the production program.

The article presents an algorithm of calculations and illustrations of the application of the method for a machine-building enterprise of small and medium-sized business. The results of testing have shown the reliability of the proposed approach.

Keywords: production program, small and medium-sized business, prospective client, customer potential

For citation: Ershova I.V., Klyuev A.V. Optimization of the production program of small and medium-sized machine-building enterprises with consideration to customer potential. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2022, vol. 16, no. 4, pp. 81–88. (In Russ.). DOI: 10.14529/em220409

Введение

Поддержка и развитие малого и среднего бизнеса является одной из задач национальной экономики. В 2019 году утвержден национальный проект «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы», согласно которому к концу 2024 года необходимо довести долю малого и среднего бизнеса в ВВП страны до 32,5 %, а численность занятых в данном секторе – до 25 млн человек. Для сравнения: доля малого и среднего бизнеса в ВВП развитых стран составляет 50–60 %. Так, в Великобритании это 51 %, в Германии – 53 %, в Финляндии – 60 %, в Нидерландах – 63 % (данные Института экономики роста от 05.02.2019 г.). В России к началу пандемии, по данным Росстата, доля малого бизнеса составляла около 30 % по объему валовой добавленной стоимости.

Первоначально рост малых и средних предприятий был связан с реструктуризацией крупных предприятий и выводом на аутсорсинг непрофильных подразделений (ремонтные и инструментальные подразделения), с развитием стартапов при высших учебных заведениях. В настоящее время наблюдается создание независимых предприятий. Например, по данным сайта www.list-org.com в Свердловской области зарегистрировано 103 машиностроительных предприятия, из которых малых предприятий – 24, средних – 42. Из общего числа малых предприятий аффилированных предприятий – 34,8 %, из общего числа средних предприятий – 26,2 %. Увеличение числа независимых малых и средних предприятий обусловлено тенденциями сетизации и кастомизации производства [1–7], что, в свою очередь, диктует ограниченность применения традиционных методов управления производственной программой. Продукцию малых и средних предприятий можно разделить на два вида. Продукция первого вида является конечной готовой продукцией для рын-

ков B2B или B2C. Для данного варианта подходят существующие методы отбора клиентов. Продукция второго вида является составляющей разнообразных более сложных готовых изделий. В связи с чем невозможно сегментировать рынок по конечным клиентам. Выбор клиентов производится по экономическим критериям, недостатком которых является их краткосрочный характер. Как отмечается в работе [8], гораздо важнее прибыльности клиента наличие у него перспектив к дальнейшему увеличению объема продаж.

Постановка проблемы

Цифровые технологии имеют двойное влияние на деятельность средних и малых предприятий. С одной стороны, внедрение информационных систем типа ERP является затратным и неэффективным для них [9]. С другой стороны, позволяют использовать возможности открытых данных Интернета, в том числе для оценки клиентов.

Целью данной статьи является разработка модели оптимизации производственной программы и определение критериев отбора заказчиков для малых и средних машиностроительных предприятий с использованием открытых данных Интернета.

Методический подход к исследованию

Алгоритм формирования производственной программы сводится к двум основным этапам. На первом этапе формируется пул потенциальных клиентов (портфель заказов), на втором этапе, в зависимости от уровня загрузки производственных мощностей проводится оптимизация портфеля заказов по различным критериям. В рамках первого этапа для поддержки малого и среднего предпринимательства исследователи предлагают размещать государственные заказы на конкурсной основе, обеспечивая кредитные льготы и государственное регулирование. Это характерно для развивающихся стран [10]. Применительно к большинству российских малых и средних предприятий размещение государственного заказа, а также

работа в качестве кооператоров государственных заказов не является наиболее выгодной из-за правовых ограничений в сфере закупок, а также в силу действия конкурентной силы «умения покупателей торговаться» в связи с большой разницей уровня концентрации производства.

В качестве методической основы выбора заказчиков предлагается использовать методики прогнозирования объемов продаж [11–13]. Существующие методики прогнозирования объемов продаж ориентированы на работу с большим объемом статистических данных или экспертных оценок. Разработанные модели применимы для товаров массового спроса, большого количества клиентов и ограничены для малых и средних предприятий, работающих в условиях кастомизации. Мы согласны с авторами статьи [14], что особенностью МСП является их быстрая приспособляемость к меняющимся условиям, и производственная программа должна быть более гибкой.

В рамках второго этапа различными исследователями предлагаются методические подходы к оптимизации производственной программы.

Существующие подходы базируются на использовании различных математических методов. Задача оптимизации сводится к определению такого сочетания объема и ассортимента, при которых целевая функция достигает своего экстремума. Предлагаемые исследователями модели различаются учитываемыми ресурсными ограничениями, постановкой целевых функций и учетом фактора неопределенности.

В качестве ресурсных ограничений используются ограничения по производственным мощностям, трудовым ресурсам и другим параметрам производственной системы. Это традиционный подход, используемый многими исследователями [11, 15]. Модели с неопределенным спросом рассматриваются в [12, 13, 15, 16].

Широкое разнообразие наблюдается среди предлагаемых целевых функций. Среди них встречаются как однокритериальные [11, 15], так и многокритериальные [12, 13, 17, 18]. Некоторые авторы предлагают комплексные условия оптимизации, учитывающие не только производственные, но и смежные затраты, например, затраты на хранение продукции [11, 15].

Большинство моделей в качестве оптимизируемого параметра рассматривают количество изделий. При этом остается нерешенной задача целостности заказа. Частично ее рассматривает Н.И. Бабкина для формирования производственной программы для предприятий оборонно-промышленного комплекса, используя модель целочисленного программирования [19]. Учет степени удовлетворенности клиентов при формировании производственной программы введен в [12, 13]. Вместе с этим вопрос о включении или отказе от дополнительного заказа, например, в рамках вы-

полнения уже сформированной производственной программы, остаётся нерешённым.

Представленный ниже методический подход уже был частично описан в [20]. Критерием отбора заказов был выбран сводный аналитический показатель, учитывающий следующие аспекты: маржинальный доход от заказов, которые будут включены в оптимизируемую производственную программу; будущий прогнозируемый маржинальный доход от последующих заказов со стороны тех клиентов, заказы которых будут включены в оптимизируемую производственную программу; и возможные потери от тех заказов, которые в результате оптимизации будут исключены из производственной программы.

Ключевым элементом модели является использование в составе её целевой функции будущего прогнозируемого маржинального дохода от возможных последующих заказов со стороны текущих клиентов. Наличие данного элемента обусловлено объективной практикой отношений типа B2B, в рамках которой компании-потребители, получив первичный положительный опыт сотрудничества с некими компаниями-поставщиками, стараются продолжить его в целях стабилизации снабжения своей собственной основной деятельности. Целевая функция имеет следующий вид:

$$MT = MP(p) + MF(p) - L(c) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$MP(p) = p_1 v_1 m_1 + \dots + p_i v_i m_i,$$

$$MF(p) = (k_1 p_1 + \dots + k_i p_i) v_s m_s,$$

$$L(c) = c_1 l_1 + \dots + c_i l_i$$

$$c_i = \begin{cases} 1, & \text{если } p_i = 0 \\ 0, & \text{если } p_i = 1 \end{cases}$$

где MT – совокупный маржинальный доход с учётом возможных убытков; MP(p) – маржинальный доход от заказов, которые будут включены в оптимизируемую производственную программу; MF(p) – будущий прогнозируемый маржинальный доход от последующих заказов со стороны тех клиентов, заказы которых будут включены в оптимизируемую производственную программу; L(c) – возможные потери от тех заказов, которые в результате оптимизации будут исключены из производственной программы; p_i – булева переменная, отражающая включение (1) или не включение (0) i -го заказа в ПП; c_i – булева переменная, обратная p_i , отражающая наличие (1) убытков по причине отмены i -го заказа или их отсутствие (0).

Для определения данной составляющей в рамках конкретного предприятия-поставщика было введено понятие «коэффициент потенциала клиента» (далее КПК) как отношение суммы продаж в последующие 12 месяцев с момента первой успешной продажи к выручке от стандартного заказа для данного конкретного предприятия-поставщика.

Стандартный (эталонный) заказ каждый производитель выбирает для себя индивидуально. Это может быть условное (приведенное) изделие, либо

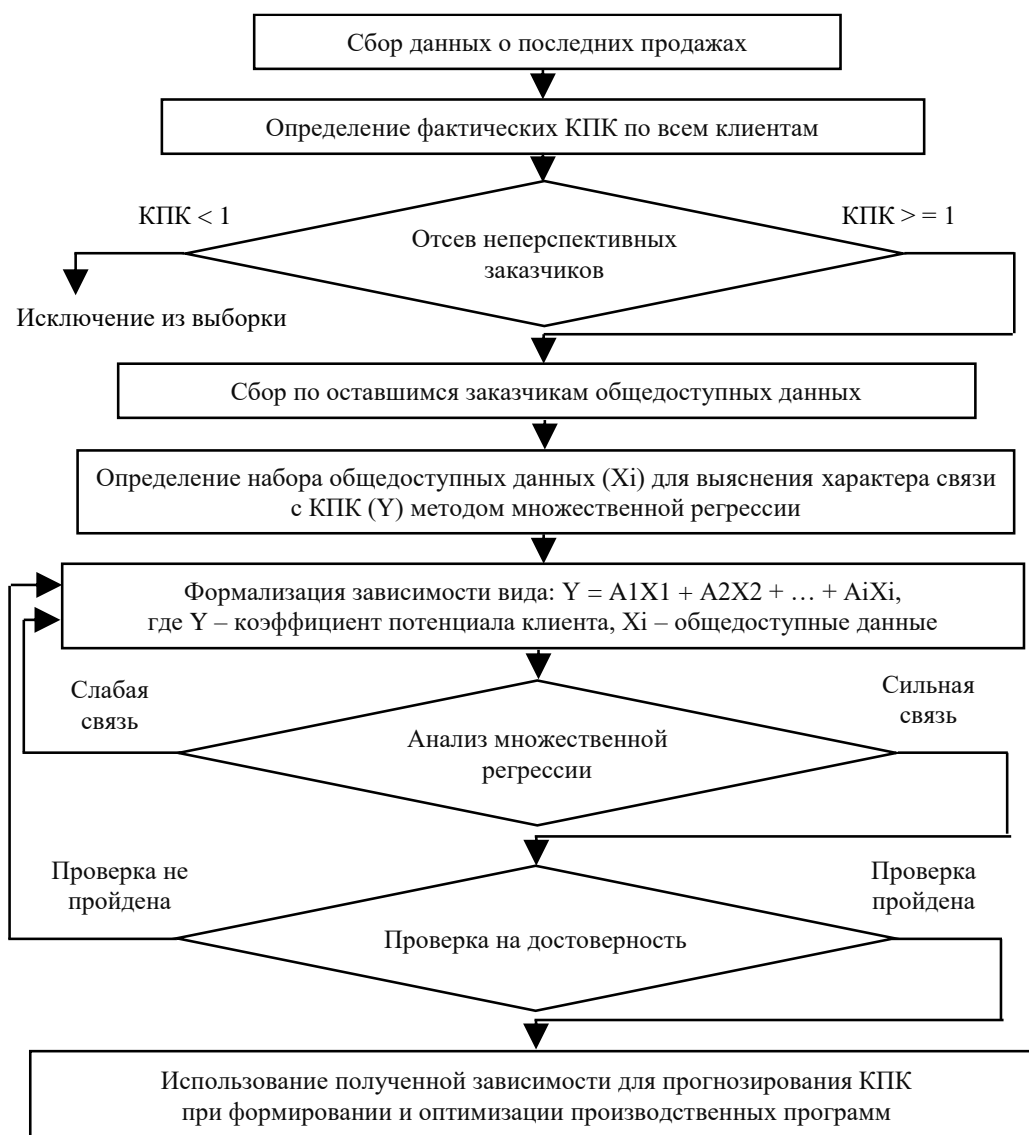
стандартное изделие в стандартном исполнении и при стандартной комплектации.

Авторский алгоритм прогнозирования данного показателя представлен на рисунке.

На первом этапе необходимо провести исследование данных по продажам за последние несколько лет и определить фактические значения

КПК по всем клиентам за данный период. Например, подобное исследование на ООО «Гидронт» данных по продажам за 2015–2016 гг. обнаружило следующие результаты (табл. 1).

Как видно из табл. 1, полученные значения КПК довольно сильно варьируются. Их значения и распределение сильно зависят от индивидуальных



Алгоритм прогнозирования и последующего использования КПК

Таблица 1
Результаты исследования КПК за следующие 18 месяцев по данным о продажах за 2015–2016 гг. на ООО «Гидронт»

Значение КПК	= 0	> 0 <= 1	> 1 <= 10	> 10 <= 100	> 100	ВСЕГО клиентов
Кол-во клиентов	172	31	45	26	3	277
% от общего числа	62 %	11 %	16 %	9 %	1 %	100 %

особенностей конкретного предприятия-поставщика.

На втором этапе после отсева неперспективных заказчиков ($KPK < 1$) методом множественной регрессии определяется зависимость фактических значений КПК клиентов от общедоступных данных за соответствующий период. В исследовании использовалась информация сайта List-org.

Для ООО «Гидронт», которое специализируется на производстве гидрораспределителей, окончательный вид зависимости с R-квадрат 0,72:

$$Y = 1,02691262 X_1 + 0,00000480 X_2, \quad (2)$$

где Y – КПК, рассчитанный по данным о продажах за 2015–2016 гг.; X_1 – количество лет заказчика на рынке, лет (P-значение = 0,00000032); X_2 – прибыль от продаж, тыс. руб. (P-значение = 0,00000414).

Аналогичное исследование на ООО «Дебет-Е», которое специализируется на производстве установок для депарафинизации нефтяных скважин, привело к получению следующей зависимости (R-квадрат = 0,68):

$$Y = 0,00000023 X_1 + 0,00011742 X_2, \quad (3)$$

где Y – КПК, рассчитанный по данным о продажах за 2018–2020 гг.; X_1 – выручка за год, тыс. руб. (P-значение = 0,00000072); X_2 – выработка на одного работающего, тыс. руб. (P-значение = 0,00614107).

Как видно из приведённых зависимостей, состав переменных в моделях у них совершенно различен, что обусловлено различными особенностями соответствующих отраслей.

На третьем этапе полученная зависимость используется для прогнозирования КПК клиентов при формировании очередной или пересмотре уже выполняемой производственной программы в случае появления новых срочных заказов. Для этого

используется целевая функция (1) и стандартная система ограничений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{i+1} r_{1i} \leq R_1 \\ \dots \\ \sum_{i=1}^{i+1} r_{ei} \leq R_e \end{cases}$$

где R_1, \dots, R_e – общее количество имеющихся в распоряжении ограниченных ресурсов конкретного вида.

Данный подход позволяет сконцентрировать внимание конкретного предприятия-поставщика на тех клиентах, по отношению к которым просматривается перспектива долгосрочного сотрудничества.

Результаты

Апробация модели на двух исследуемых предприятиях методом ретроспективы показала достоверность модели для принятия решения о корректировке производственной программы. Результаты апробации приведены в табл. 2 и 3.

Для ООО «Дебет-Е» клиент под номером 31 предпочтительней клиента под номером 3 и обеспечивает в следующем году больший маржинальный доход (см. табл. 2).

Для ООО «Гидронт» также было выгоднее привлечь двух новых потенциальных клиентов и отказаться в данном периоде от заказа клиента под номером 269 (см. табл. 3).

Дальнейшее развитие методического подхода планируется в направлении расширения объема статистических данных для создания общих моделей предприятиям, сгруппированным по отраслевой принадлежности и масштабам производства.

Таблица 2

Фрагмент результатов оптимизации производственной программы ООО «Дебет-Е»

Номер заказа	Клиент	MP – текущий маржинальный доход от заказа	MF – будущий прогнозируемый прирост маржинального дохода от последующих заказов	p фактический	p оптимальный
Ш016	3	220 000	232 522	1	0
Ш022	31	135 000	6 408 661	0	1

Таблица 3

Фрагмент результатов оптимизации производственной программы ООО «Гидронт»

Номер заказа	Клиент	MP – текущий маржинальный доход от заказа	MF – будущий прогнозируемый прирост маржинального дохода от последующих заказов	p фактический	p оптимальный
П134	269	69 534	772 743	1	0
П321	19	31 134	976 141	0	1
П369	45	24 870	1 183 733	0	1

Список литературы

1. Тишкова Е.М., Страукас Я.С. Эволюция и сущность процесса кастомизации // *Аллея науки*. 2017. Т. 5. № 16. С. 615–620. EDN YOOAVI.
2. Акбердина В.В., Смирнова О.П., Аверина Л.М. Устойчивость и адаптивность пространственного развития промышленных комплексов в условиях сетизации экономики // *Экономический анализ: теория и практика*. 2020. Т. 19. № 12(507). С. 2186–2209. DOI: 10.24891/ea.19.12.2186. EDN VPEOWH.
3. Власенко В.А. Моделирование инновационно-стратегического развития в условиях сетизации экономики // *Экономика и предпринимательство*. 2021. № 8(133). С. 216–219. DOI: 10.34925/EIP.2021.133.8.038. EDN OFAAND.
4. Дьячкова М.С. Сущность понятия «кастомизация» // *Теория и практика современной науки*. 2020. № 3(57). С. 103–107. EDN ZAMQNW.
5. Романовский Р.С., Петросова И.А., Андреева Е.Г. Массовая кастомизация как перспективное направление в развитии промышленного производства // *Костюмология*. 2021. Т. 6, № 4. EDN MZVCCC.
6. Титов С.А., Титова Н.В. Оценка экономических эффектов от кастомизации продукции российских промышленных предприятий // *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2022. Т. 13, № 1. С. 26–36. DOI: 10.17747/2618-947X-2022-1-26-36. EDN EMZSPN.
7. Благодатских П.А. Суть кастомизации и способ перехода на нее // *Вестник магистратуры*. 2022. № 4-4(127). С. 57–61. EDN TSIVNH.
8. Ярошенко Е.В. Особенности формирования клиентских сегментов для сетевых организаций в эпоху Smart // *Открытое образование*. 2017. Т. 21. № 1. С. 74–80. DOI: 10.21686/1818-4243-2017-1-74-80. EDN XXXAFZ.
9. Невмывако В.П. Цифровая экономика и Индустрия 4.0: новые вызовы для малого и среднего предпринимательства // *Проблемы рыночной экономики*. 2021. № 1. С. 96–109. DOI: 10.33051/2500-2325-2021-1-96-109. EDN FEIINN.
10. Tsatsenko N.A. SME development, economic growth and structural change: evidence from Ghana and South Africa // *Journal of Agriculture and Environment*. 2020. No 2(14). P. 38–50. DOI: 10.23649/jae.2020.2.14.7. EDN EMVCOQ.
11. Xue G., Offodile O.F. Integrated production planning and quality control for linear production systems under uncertainties of cycle time and finished product quality // *International Journal of Production Research*, Volume 58, Issue 4, 16 February 2020, P. 1144–1160.
12. Liu Y.F., Zhang Q.S. Multi-objective production planning model for equipment manufacturing enterprises with multiple uncertainties in demand // *Advances in Production Engineering And Management*, Volume 13, Issue 4, Dec-18, P. 429–441.
13. Ginting M., Kirawan M., Marpaung B. Product mix optimization on multi-constraint production planning-a Fuzzy Mixed Integer Linear Goal Programming (FMILGP) approach: A single case study // *MATEC Web of Conferences*, Volume 204, 21 September 2018, Article 02004, 2018 International Mechanical and Industrial Engineering Conference, IMIEC 2018; Malang; Indonesia; 30 August 2018 to 31 August 2018; Код 139963.
14. Власенкова Т.А., Морозова С.Н., Цыпин А.П. Влияние кризиса пандемии вируса Covid-19 на малый и средний бизнес // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право*. 2021. Т. 21, вып. 4. С. 392–397. DOI: 10.18500/1994-2540-2021-21-4-392-397
15. Göttlich S., Knapp S. Uncertainty quantification with risk measures in production planning // *Journal of Mathematics in Industry*. Volume 10, Issue 1, 1 December 2020, Article 5.
16. Aoyama T., Nishi T., Zhang G. Production planning problem with market impact under demand uncertainty // *Journal of Cleaner Production*, Volume 142, 20 January 2017, P. 3454–3470.
17. Dao S.D., Abhary K., Marian, R. An improved genetic algorithm for multidimensional optimization of precedence-constrained production planning and scheduling // *Journal of Industrial Engineering International*, Volume 13, Issue 2, 1 June 2017, P. 143–159.
18. Алферьев Д.А. Оптимизация производственной программы выпуска инновационной продукции промышленного предприятия // *Проблемы развития территории*. 2017. № 6(92). С. 83–93. EDN ZULVWF.
19. Бабкина Н.И. Производственная программа предприятия как инструмент промышленной политики // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. 2015. № 1(211). С. 71–83. DOI: 10.5862/JE.211.7. EDN TIZSZJ.
20. Baranchikova S.G., Ershova I.V., Klyuev A.V. & Cherepanova E.V., 30 ноя 2020 // В: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 971, 5, 5 стр., 052014.

References

1. Tishkova E.M., Straukas Ya.S. Evolution and the essence of the customization process. *Alley of Science*, 2017, vol. 5, no. 16, pp. 615–620. (In Russ.) EDN YOOAVI.
2. Akberdina V.V., Smirnova O.P., Averina L.M. Stability and adaptability of spatial development of industrial complexes in the conditions of setization of the economy. *Economic analysis: theory and practice*, 2020, vol. 19, no. 12(507), pp. 2186–2209. (In Russ.) DOI: 10.24891/ea.19.12.2186. EDN VPEOWH.
3. Vlasenko V.A. Modeling of innovative and strategic development in the conditions of the setization of the economy. *Economics and entrepreneurship*, 2021, no. 8(133), pp. 216–219. (In Russ.) DOI: 10.34925/EIP.2021.133.8.038. EDN OFAAHD.
4. Dyachkova M.S. The essence of the concept of “customization”. *Theory and practice of modern science*, 2020, no. 3(57), pp. 103–107. (In Russ.) EDN ZAMQNW.
5. Romanovsky R.S., Petrosova I.A., Andreeva E.G. Mass customization as a promising direction in the development of industrial production. *Costumology*, 2021, vol. 6, no. 4. (In Russ.) EDN MZVCC.
6. Titov S.A., Titova N.V. Assessment of economic effects from customization of products of Russian industrial enterprises. *Strategic decisions and risk management*, 2022, vol. 13, no. 1, pp. 26–36. (In Russ.) DOI: 10.17747/2618–947X-2022-1-26-36. EDN EMZSPN.
7. Blagodatskikh P.A. The essence of customization and the method of transition to it. *Bulletin of Magistracy*, 2022, no. 4-4(127), pp. 57–61. (In Russ.) EDN TSIVNH.
8. Yaroshenko E.V. Features of the formation of client segments for network organizations in the era of Smart. *Open education*, 2017, vol. 21, no. 1. pp. 74–80. (In Russ.) DOI: 10.21686/1818-4243-2017-1-74-80. EDN XXXAFZ.
9. Nevmyvako V.P. Digital economy and Industry 4.0: new challenges for small and medium-sized businesses. *Problems of the market economy*, 2021, no. 1, pp. 96–109. (In Russ.) DOI: 10.33051/2500-2325-2021-1-96-109. EDN FEIINN.
10. Tsatsenko N.A. SME development, economic growth and structural change: evidence from Ghana and South Africa. *Journal of Agriculture and Environment*, 2020, no. 2(14), pp. 38–50. DOI: 10.23649/jae.2020.2.14.7. EDN EMVCOQ.
11. Xue G., Offodile O.F. Integrated production planning and quality control for linear production systems under uncertainties of cycle time and finished product quality. *International Journal of Production Research*, vol. 58, iss. 4, 16 February 2020, pp. 1144–1160.
12. Liu Y.F., Zhang Q.S. Multi-objective production planning model for equipment manufacturing enterprises with multiple uncertainties in demand. *Advances in Production Engineering And Management*, vol. 13, iss. 4, Dec-18, pp. 429–441.
13. Ginting M., Kirawan M., Marpaung B. Product mix optimization on multi-constraint production planning-a Fuzzy Mixed Integer Linear Goal Programming (FMILGP) approach: A single case study. *MATEC Web of Conferences*, Volume 204, 21 September 2018, Article 02004, 2018 International Mechanical and Industrial Engineering Conference, IMIEC 2018; Malang; Indonesia; 30 August 2018 to 31 August 2018; Code 139963.
14. Vlasenkova T.A., Morozova S.N., Tsybin A.P. The impact of the Covid-19 virus pandemic crisis on small and medium-sized businesses. *Izvestiya Saratov University. A new series. Series: Economics. Management. Right*, 2021, vol. 21, iss. 4. pp. 392–397. (In Russ.) <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2021-21-4-392-397>
15. Göttlich S., Knapp S. Uncertainty quantification with risk measures in production planning. *Journal of Mathematics in Industry*, vol. 10, iss. 1, 1 December 2020, Article 5.
16. Aoyama T., Nishi T., Zhang G. Production planning problem with market impact under demand uncertainty. *Journal of Cleaner Production*, Volume 142, 20 January 2017, pp. 3454–3470.
17. Dao S.D., Abhary K., Marian R. An improved genetic algorithm for multidimensional optimization of precedent-constrained production planning and scheduling. *Journal of Industrial Engineering International*, vol. 13, iss. 2, 1 June 2017, pp. 143–159.
18. Alferyev D.A. Optimization of the production program for the release of innovative products of an industrial enterprise. *Problems of territory development*, 2017, no. 6(92), pp. 83–93. (In Russ.) EDN ZULVWF.
19. Babkina N.I. The production program of the enterprise as an instrument of industrial policy. *Scientific and Technical Bulletin of the St. Petersburg State Polytechnic University. Economic sciences*, 2015, no. 1(211), pp. 71–83. (In Russ.) DOI: 10.5862/JE.211.7. EDN TIZSZJ.
20. Baranchikova S.G., Ershova I.V., Klyuev A.V. & Cherepanova E.V., 30 ноя 2020, В: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 971, 5, 5 стр., 052014.

Информация об авторах

Ершова Ирина Вадимовна, доктор экономических наук, профессор кафедры «Организации машиностроительного производства», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, i.v.ershova@urfu.ru

Клюев Андрей Васильевич, старший преподаватель кафедры «Организации машиностроительного производства», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, a.v.klyuev@gmail.com

Information about the authors

Irina V. Ershova, Doctor of Sciences (Economics), Professor of the Department of Machine-Building Production Organization, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia, i.v.ershova@urfu.ru

Andrey V. Klyuev, senior lecturer at the Department of Machine-Building Production Organization, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia, a.v.klyuev@gmail.com

Статья поступила в редакцию 10.10.2022

The article was submitted 10.10.2022