

УДК 658.5

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТИМУЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА С УЧЕТОМ МЕХАНИЗМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

© 2025 Л.Д. Поплевин, И.Н. Хаймович

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 20.09.2025

В статье поднята проблема устранения противоречий между подразделениями предприятия по производству и обслуживанию авиационной техники. Проанализирована внутренняя структура предприятия. Особое внимание уделено взаимодействию подразделений организации с обслуживающим отделом. Выявлена взаимосвязь и разработана эффективная схема согласованного взаимодействия на всех этапах жизненного цикла изделия.

Ключевые слова: взаимодействие подразделений, квалификация сотрудников, обслуживающее подразделение, авиационная техника, надежность.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-3(2)-339-344

EDN: TQXFKN

В быстроразвивающемся современном мире техника становится все сложнее и прогрессивнее. На примере авиационной техники (АТ) рассмотрим важность процесса технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) в процессе разработки, технологического обеспечения и производства АТ.

Более подробно рассмотрим механизм взаимодействия, согласования и устранения противоречий в системе разработки, технологического обеспечения, производства и ТО и Р АТ, а также возможность стимулирования сотрудников для достижения поставленных целей.

Объектом исследования будет система разработки, технологического обеспечения, производства и ТО и Р АТ, в которой ключевые роли занимают: руководитель конструкторского подразделения (РКП), руководитель технологического подразделения (РТП), руководитель производственного подразделения (РПП), руководитель обслуживающего подразделения (РОП), руководитель организационной системы (РОС).

В данной системе проблема устранения противоречий остаётся актуальной. Специалист занят своей деятельностью, которая направлена на решение задач, поставленных руководителем своего подразделения. Однако, данный специалист не может оценить проблему целиком в виду несогласованности отделов.

В момент взаимодействия разных подразделений начинаются разногласия между конструкторами, технологами, производственным и обслуживающим персоналом АТ. Срабатывает противоречие в интересах, когда специалисты разных подразделений не могут обеспечить беспереывное улучшение АТ из-за имеющихся ограничений в каждом из подразделений.

Это в итоге приводит к снижению надежности АТ, что напрямую влияет на конкурентоспособность выпускаемого изделия.

На надежность изделия оказывают влияние не только конструкторское, технологическое, производственное подразделение, но и обслуживающее подразделение. Оно может быть включено как в состав завода изготовителя, так и может быть частью предприятия заказчика АТ, например авиакомпании. На рисунке 1 представлена схема взаимосвязи между субъектами организационной системы, которые напрямую влияют на надежность выпускаемой продукции.

Подразделение по обслуживанию АТ напрямую работает с готовой продукцией. Именно в жесткой эксплуатации изделия выявляются недостатки, которые были незаметны в условиях заводских и сертификационных испытаний. Поэтому обслуживающее подразделение выдает рекомендации по усовершенствованию конструкции в конструкторское подразделение, рекомендации по пересмотру выбора материала для конкретных агрегатов, рекомендации по количеству запасных частей изделия в производственное подразделение для минимизации потерь заказчиков в виду простоя АТ по причине ожидания запасных частей. Так как обслуживающее подразделение напрямую взаимодействует с рынком, то данный факт дает возможность сбора статистики и оценки уровня риска

Поплевин Лев Денисович, аспирант. E-mail: levpoplevin@gmail.com

Хаймович Ирина Николаевна, доктор технических наук, профессор кафедры обработки металлов давлением. E-mail: kovalek68@mail.ru

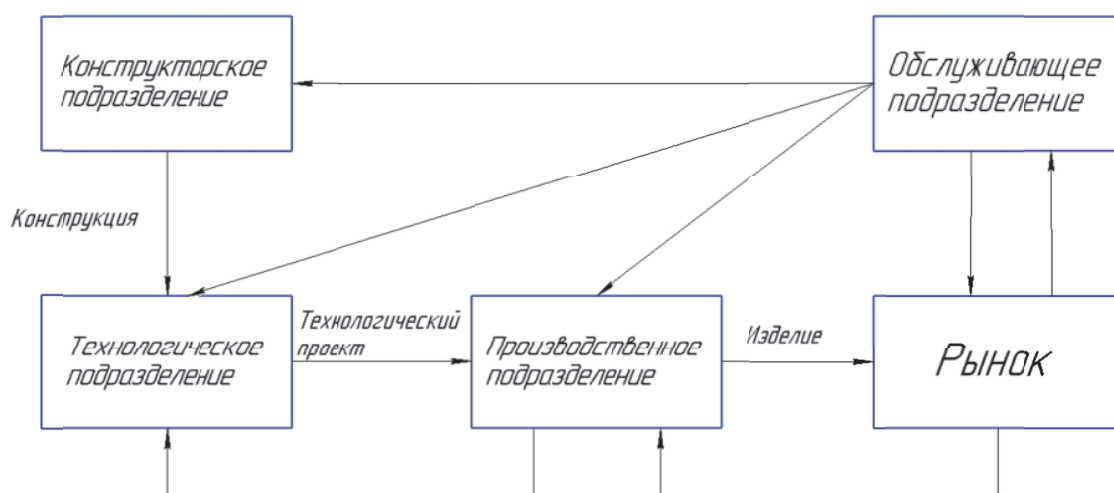


Рис. 1. Схема взаимосвязи между субъектами организационной системы

экономических потерь за счет непредвиденных простоев АТ по причине низкой надежности конкретных узлов изделия. Именно поэтому важностью обслуживания изделия нельзя пренебрегать, так как информация, собранная из эксплуатации, является исчерпывающей для принятия корректирующих мер по постоянному улучшению надежности АТ, что скажется в положительную сторону на конкурентоспособности изделия АТ. В связи с этим будем рассматривать механизм взаимодействия подразделений с упором на обслуживающий отдел.

Целью каждого руководителя своего подразделения является за минимальное время и минимальные трудозатраты показать результат своей деятельности и обеспечить высокий уровень надежности АТ одновременно с приемлемой ценой для заказчиков АТ.

Для получения желаемого эффекта, а именно организации работы специалистов с минимальными противоречиями между ними, необходимо, чтобы руководители подразделений принимали согласованные решения по математическим моделям.

Каждого инженера надо мотивировать для такой согласованной работы через дополнительное стимулирование (денежные средства, повышение квалификации, моральное и социальное вознаграждения). Данное стимулирование должно быть оптимальное.

Для нахождения оптимального финансирования разработаем математическую модель методом согласованного управления ресурсами. Рассмотрим матричную структуру взаимодействия, которая представлена на рисунке 2.

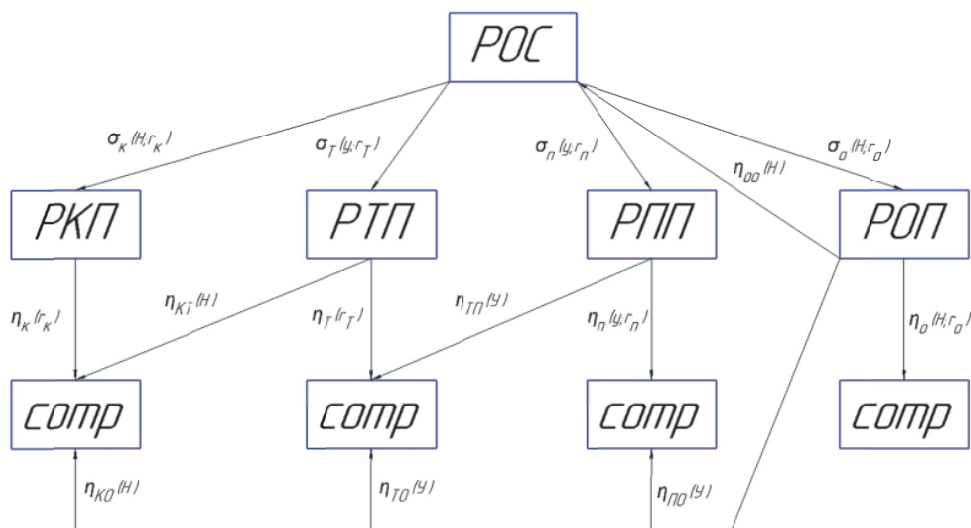


Рис. 2. Матричная структура взаимодействия

На рисунке 2 представлена матричная структура организационной системы, включающая функциональные и производственные подразделения. Более подробно опишем имеющуюся структуру, в которой на иерархическую организационную вертикальную производственную структуру накладывается «горизонтальная» функциональная структура.

Целевые функции участников организационной системы, представленной на рисунке 2, имеют вид:

$$\Phi_o(\sigma_K(H, r_K), \sigma_T(y, r_T), \sigma_\Pi(y, r_\Pi), \sigma_o(H, r_o), r_K, r_T, r_\Pi, r_o) = D(H, y) - \sigma_K(H, r_K) - \sigma_T(y, r_T) - \sigma_\Pi(y, r_\Pi) - \sigma_o(H, r_o) + \eta_{oo}(H), (1)$$

$$\Phi_K(\sigma_K(H, r_K), \eta_K(r_K), H, r_K) = \sigma_K(H, r_K) - \sum_{i=1}^m \eta_K^i(y, r_K^i) - C_K(r_K), (2)$$

$$\Phi_T(\sigma_T(y, r_T), \eta_T(r_T), y, r_T) = \sigma_T(y, r_T) - \sum_{j=1}^n \eta_T^j(r_T^j) - C_T(r_T), (3)$$

$$\Phi_\Pi(\sigma_\Pi(y, r_\Pi), \eta_\Pi(r_\Pi), y, r_\Pi) = \sigma_\Pi(y, r_\Pi) - \sum_{s=1}^s \eta_\Pi^s(r_\Pi^s) - \sum_{s=1}^s C_\Pi^s(r_\Pi^s), (4)$$

$$\Phi_o(\sigma_o(H, r_o), \eta_o(H, r_o), H, r_o) = \sigma_o(H, r_o) - \sum_{g=1}^g \eta_o^g(H, r_o^g) - C_o(r_o), (5)$$

$$f_K^i(\eta_K^i(r_K^i), \eta_{KT}(H), \eta_{KO}(H), H, r_K^i) = \eta_K^i(r_K^i) + \eta_{KT}(H) + \eta_{KO}(H) - C_K^i(H, r_K^i), i \in I, (6)$$

$$f_T^j(\eta_T^j(r_T^j), \eta_{TP}(y), \eta_{TO}(y), y, r_T^j) = \eta_T^j(r_T^j) + \eta_{TP}(y) + \eta_{TO}(y) - C_T^j(r_T^j), j \in J, (7)$$

$$f_\Pi^{sl}(\eta_\Pi^s(y, r_\Pi^s), \eta_{\Pi o}^s(y), y, r_\Pi^{sl}) = \eta_\Pi^s(y, r_\Pi^s) + \eta_{\Pi o}^s(y) - C_\Pi^{sl}(r_\Pi^{sl}), s \in S, (8)$$

$$f_o^g(\eta_o^g(H, r_o^g), H, r_o^g) = \eta_o^g(H, r_o^g) - C_o^g(r_o^g), g \in G, (9)$$

где $D(H, y)$ – функция дохода организационной системы;

$\sigma_K(H, r_K), \sigma_T(y, r_T), \sigma_\Pi(y, r_\Pi), \sigma_o(H, r_o)$ – бюджетные ресурсы, выделяемые конструкторскому, технологическому, производственному и обслуживающему отделам со стороны руководителя организационной системы (РОС);

$\eta_K(r_K), \eta_T(r_T), \eta_\Pi(r_\Pi), \eta_o(H, r_o)$ – функции стимулирования конструкторского, технологического, производственного и обслуживающего отделов;

$\eta_{KT}(H)$ – функция стимулирования сотрудников РКП со стороны РТП;

$\eta_{TP}(y)$ – функция стимулирования сотрудников РТП со стороны РПП;

$\eta_{oo}(H)$ – функция стимулирования сотрудников РКП, РТП, РПП со стороны РОП через РОС;

$\eta_{KO}(H)$ – функция стимулирования сотрудников РКП со стороны РОП;

$\eta_{TO}(y)$ – функция стимулирования сотрудников РТП со стороны РОП;

$\eta_{\Pi o}^s(y)$ – функция стимулирования сотрудников s -того РПП со стороны РОП;

$C_K(r_K), C_T(r_T), C_\Pi(r_\Pi), C_o(r_o)$ – функции затрат конструкторского, технологического, производственного и обслуживающего отделов;

$C_\Pi^{sl}(r_\Pi^{sl})$ – функции затрат l -того сотрудника s -того подразделения;

H – положительный эффект: соответствия АТ заявленным требованиям надежности;

y – количество АТ;

r_K, r_T, r_Π, r_o – квалификация, соответственно, специалистов конструкторского, технологического, производственного и обслуживающего подразделений.

Допустим, что каждый из сотрудников подразделений выбирает решение в соответствии с принципом рационального поведения. Это означает, что каждый сотрудник при известных функциях стимулирования со стороны функциональных и производственных подразделений стремится своим выбором максимизировать свою целевую функцию: сотрудник конструкторского подразделения – целевую функцию (6), сотрудник технологического подразделения – (7), сотрудник производственного подразделения – (8), сотрудник обслуживающего подразделения – (9).

В общем виде задача решается с участием представителей из каждого подразделения. Рассмотрим в качестве примера конструкторское подразделение.

Модель задачи принятия решений руководителем РКП:

$$\Phi_K(\sigma_K(H, r_K), \eta_K(r_K), H, r_K) = \sigma_K(H, r_K) - \sum_{i=1}^m \eta_K^i(H, r_K^i) - C_K(r_K) \rightarrow \max;$$

$$\begin{aligned}\sigma_K(H, r_K) &= \beta_K \frac{H}{r_K} + b_K r_K; \\ \sum_{i=1}^m \eta_K^i(H_i, r_K^i) &= \sum_{i=1}^m \beta_{Ki} \frac{H_i}{r_{Ki}} + b_{Ki} r_{Ki}; \\ C_K(r_K) &= C_{K0} + b_{K0}(r_K - r_{K0}); \\ \sigma_T(H_i, r_K) &\geq \sum_{i=1}^m \eta_K^i(H_i, r_K^i) + C_K(r_K); r_K^i \in R_K^i.\end{aligned}$$

Модель задачи принятия решений сотрудником отдела РКП:

$$f_K^i(\eta_K^i(r_K^i), \eta_{KT}^i(H), \eta_{KO}^i(H), H, r_K^i) = \eta_K^i(r_K^i) + \eta_{KT}^i(H) + \eta_{KO}^i(H) - C_K^i(H, r_K^i) \rightarrow \max;$$

$$\eta_K^i(r_K^i) = \beta_{Ki} \frac{H_i}{r_{Ki}} + b_K r_K;$$

$$\eta_{KT}^i(H) = b_{KT}(H^i - H_0^i);$$

$$\eta_{KO}^i(H) = b_{KO}(H^i - H_0^i);$$

$$C_K^i(H, r_K^i) = C_{K0} - b_K(r_K^i - r_{K0}^i);$$

$$\eta_K^i(r_K^i) + \eta_{KT}^i(H) + \eta_{KO}^i(H) \geq C_K^i(H, r_K^i), r_K^i \in R_{Ki}, i \in I,$$

где β_K – коэффициент правильно принимаемых решений специалистом отдела РКП;

r_K – уровень квалификации специалиста отдела РКП, соответствует нормам сетки;

b_K – коэффициент уровня квалификации специалиста отдела РКП;

b_{KT} – коэффициент уровня квалификации специалиста отдела РТП, взаимодействующего с отделом РКП;

b_{KO} – коэффициент уровня квалификации специалиста отдела РОП, взаимодействующего с отделом РКП;

$C_K^i(H, r_K^i)$ – затраты в качестве стимулирования на повышение квалификации специалиста отдела РКП;

H – уровень надежности АТ.

Для правильного расчёта по представленным формулам необходимо ввести значения исходных данных специалиста отдела РКП, РОП, РТП (таблица 1), которые связаны с уровнем квалификации каждого участника.

Модель задачи принятия решений сотрудником отдела РОП:

$$\begin{aligned}f_K^i(\eta_K^i(r_K^i), \eta_{KT}^i(H), \eta_{KO}^i(H), H, r_K^i) &= \eta_K^i(r_K^i) + \eta_{KT}^i(H) + \eta_{KO}^i(H) - C_K^i(H, r_K^i) = \\ &= 0,92 + 0,02 + 0,10 - 0,24 = 0,80\end{aligned}$$

$$\eta_K^i(r_K^i) = \beta_{Ki} \frac{H_i}{r_{Ki}} + b_K r_K = 0,6 \times \frac{0,3}{0,2} + 0,1 \times 0,2 = 0,92;$$

$$\eta_{KT}^i(H) = b_{KT}(H^i - H_0^i) = 0,1 \times (0,3 - 0,1) = 0,02;$$

$$\eta_{KO}^i(H) = b_{KO}(H^i - H_0^i) = 0,5 \times (0,3 - 0,1) = 0,10;$$

$$C_K^i(H, r_K^i) = C_{K0} - b_K(r_K^i - r_{K0}^i) = 0,25 - 0,1 \times (0,2 - 0,1) = 0,24;$$

$$\eta_K^i(r_K^i) + \eta_{KT}^i(H) + \eta_{KO}^i(H) \geq C_K^i(H, r_K^i), r_K^i \in R_{Ki}, i \in I.$$

Полученные в ходе расчетов результаты сведем в таблицу 2.

В итоге рассмотрена матричная иерархическая структура управления, в которой учитывается взаимодействие между руководителем ОС и руководителями отделов, а также сотрудниками отделов. Исходя из математической модели можно сделать вывод о том, что взаимодействие отдела РКП с другими отделами (РТП, РОП) зависит от согласования $\eta_{KT}^i(H) + \eta_{KO}^i(H) = 0,12$, и если оно сработало, то прибыль специалиста отдела РКП составит долю, равную $f_K^i = 0,80$ от единицы дохода.

Таблица 1. Исходные данные для расчета математической модели принятия решений сотрудниками отдела РКП

Обозначения	Числовое значение
β_K	0,6
r_K	0,2
r_{KO}	0,1
b_K	0,1
b_{KT}	0,1
b_{KO}	0,5
H	0,3
H_0	0,1
C_{KO}	0,25

Таблица 2. Результаты расчетов

	Бюджетные средства от руководителя ОС	Согласование с сотрудниками других подразделений	Затраты на организацию работы в собственном подразделении	Выгода сотрудников
Сотрудники РКП	0,92	0,02; 0,1	0,24	0,80

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хаймович, И.Н. Методология организации согласованных механизмов управления процессом конструкторско-технологической подготовки производства на основе информационно-технологических моделей: автореферат дис. ... докт. техн. наук : 05.02.22 / Хаймович Ирина Николаевна. – Место защиты: Сам. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева. – Самара, 2008. – 35 с.
2. Хаймович, И.Н. Согласование механизмов управления процессов КТПП на уровне сотрудников подразделений / И.Н. Хаймович А.С. Кириченко // Вестник СГАУ, №2, 2011. – С. 271-278.
3. Кириченко, А.С. Формирование области компромисса при принятии согласованных решений в конструкторско-технологической подготовке производства на уровне руководителей подразделений / А.С. Кириченко, И.Н. Хаймович // Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2011»: Материалы VI научно-технической конференции. – Т.1. – Казань, 12-14 октября 2011 года. – Казань: Изд-во казан. Гос. техн. ун-та, 2011. – С. 548-554.
4. Морозов, В.В. Теория и практика системно-структурного анализа и синтеза механизмов взаимодействия в организационно-технических системах: автореферат дис. ... докт. техн. наук : 08.00.28 / Морозов Владимир Васильевич. – Место защиты: Сам. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева. – Самара, 1998. – 52 с.
5. Гречников, Ф.А. Разработка математической модели согласованного взаимодействия в системе «поставщик-заказчик» на примере автомобильной продукции / Ф.А. Гречников, И.Н. Хаймович // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 5. – С. 173-177.
6. Хаймович, И.Н. Организационно-экономическое моделирование системы автоматизации проектирования на предприятии заготовок и штампов компрессорных лопаток авиационных двигателей / И.Н. Хаймович, А.С. Кутумов, В.М. Рамзаев // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2021. – № 3. – С. 45-52.
7. Рамзаев, В.М. Организационно-экономическое моделирование системы управления цехом на машино-

- строительном предприятии / В.М. Рамзаев, И.Н. Хаймович // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2020. – № 3. – С. 59-71.
8. Рамзаев, В.М. Организационно-экономические модели и механизмы сбалансированного управления конструкторскими и технологическими подразделениями предприятий по новым изделиям / В.М. Рамзаев, И.Н. Хаймович // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2018. – № 1. – С. 82-89.
 9. Рамзаев, В.М. Использование агент-ориентированного моделирования для анализа высокотехнологичных интегрированных структур промышленности региона / В.М. Рамзаев, И.Н. Хаймович, В.Г. Чумак и др. // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2017. – № 2. – С. 98-105.
 10. Хаймович, И.Н. Совершенствование организации единичного производства с учетом потребностей потребителя / И.Н. Хаймович, И.С. Матвеев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2025. – Т. 27. – № 1 (123). – С. 63-74.

DISTRIBUTION OF INCENTIVES IN THE SYSTEM OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION OF PRODUCTION, TAKING INTO ACCOUNT THE MECHANISM OF MAINTENANCE AND REPAIR OF AVIATION EQUIPMENT

© 2025 L.D. Poplevin, I.N. Khaimovich

Samara National Research University named after academician S.P. Korolyov, Samara, Russia

The article raises the problem of eliminating contradictions between the divisions of the enterprise for the production and maintenance of aviation equipment. The internal structure of the enterprise is analyzed. Special attention is paid to the interaction of the organization's departments with the service department. The relationship has been identified and an effective scheme of coordinated interaction has been developed at all stages of the product life cycle.

Keywords: interaction of departments, qualifications of employees, service department, aviation equipment, reliability.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-3(2)-339-344

EDN: TQXFKN

REFERENCES

1. Hajmovich, I.N. Metodologiya organizatsii soglasovannyh mekhanizmov upravleniya processom konstruktorsko-tehnologicheskoy podgotovki proizvodstva na osnove informacionno-tehnologicheskikh modelej: avtoreferat dis. ... dokt. tekhn. nauk : 05.02.22 / Hajmovich Irina Nikolaevna. – Mesto zashchity: Sam. gos. aerokosm. un-t im. S.P. Koroleva. – Samara, 2008. – 35 s.
2. Hajmovich, I.N. Soglasovanie mekhanizmov upravleniya processov KТПP na urovne sotrudnikov podrazdelenij / I.N. Hajmovich A.S. Kirichenko // Vestnik SGAU, №2, 2011. – С. 271-278.
3. Kirichenko, A.S. Formirovanie oblasti kompromissa pri prinyatii soglasovannyh reshenij v konstruktorsko-tehnologicheskoy podgotovke proizvodstva na urovne rukovoditelej podrazdelenij / A.S. Kirichenko, I.N. Hajmovich // Problemy i perspektivy razvitiya aviatsii, nazemnogo transporta i energetiki «ANTE-2011»: Materialy VI nauchno-tehnicheskoy konferencii. – Т.1. – Kazan', 12-14 oktyabrya 2011 goda. – Kazan': Izd-vo kazan. Gos. tekhn. un-ta, 2011. – С. 548-554.
4. Morozov, V.V. Teoriya i praktika sistemno-strukturnogo analiza i sinteza mekhanizmov vzaimodejstviya v organizacionno-tehnicheskikh sistemah: avtoreferat dis. ... dokt. tekhn. nauk : 08.00.28 / Morozov Vladimir Vasil'evich. – Mesto zashchity: Sam. gos. aerokosm. un-t im. S.P. Koroleva. – Samara, 1998. – 52 s.
5. Grechnikov, F.A. Razrabotka matematicheskoy modeli soglasovannogo vzaimodejstviya v sisteme «postavshchik-zakazchik» na primere avtomobil'noj produkcii / F.A. Grechnikov, I.N. Hajmovich // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2024. – № 5. – С. 173-177.
6. Hajmovich, I.N. Organizacionno-ekonomicheskoe modelirovanie sistemy avtomatizatsii proektirovaniya na predpriyatii zagotovok i shtampov kompressornyh lopatok aviacionnyh dvigatelej / I.N. Hajmovich, A.S. Kutumov, V.M. Ramzaev // Vestnik Samarskogo municipal'nogo instituta upravleniya. – 2021. – № 3. – С. 45-52.
7. Ramzaev, V.M. Organizacionno-ekonomicheskoe modelirovanie sistemy upravleniya cekhom na mashinostroitel'nom predpriyatii / V.M. Ramzaev, I.N. Hajmovich // Vestnik Samarskogo municipal'nogo instituta upravleniya. – 2020. – № 3. – С. 59-71.
8. Ramzaev, V.M. Organizacionno-ekonomicheskie modeli i mekhanizmy sbalansirovannogo upravleniya konstruktorskimi i tekhnologicheskimi podrazdeleniyami predpriyatij po novym izdeliyam / V.M. Ramzaev, I.N. Hajmovich // Vestnik Samarskogo municipal'nogo instituta upravleniya. – 2018. – № 1. – С. 82-89.
9. Ramzaev, V.M. Ispol'zovanie agent-orientirovannogo modelirovaniya dlya analiza vysokotekhnologichnyh integrirovannyh struktur promyshlennosti regiona / V.M. Ramzaev, I.N. Hajmovich, V.G. i Chumak dr. // Vestnik Samarskogo municipal'nogo instituta upravleniya. – 2017. – № 2. – С. 98-105.
10. Hajmovich, I.N. Sovershenstvovanie organizatsii edinichnogo proizvodstva s uchedom potrebnostej potrebitelya / I.N. Hajmovich, I.S. Matveev // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – 2025. – Т. 27. – № 1 (123). – С. 63-74.

Lev Denisovich Poplevin, graduate student. E-mail: levpoplevin@gmail.com

Irina Nikolaevna Khaimovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Metal Forming.

E-mail: kovalek68@mail.ru