УДК 065

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ И ВРЕМЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ PDM-СИСТЕМ В КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА

© 2026 В.А. Кузнецов[1], И.Н. Хаймович[1,2], Е. А. Ураскин[1]

[1] Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Россия
[2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

Статья поступила в редакцию 24.04.2026

В статье предложена методика комплексной оценки организационной и временной эффективности импортозамещения PDM-систем в конструкторско-технологической подготовке производства. В отличие от подходов, ограничивающихся общими показателями цифровизации или локальными оценками сокращения сроков отдельных операций, предложенный подход объединяет временные, трудоёмкостные, качественные, интеграционные и инфраструктурные критерии в единой системе оценки. В структуру методики включены схема основных этапов импортозамещения PDM-системы, контур контрольных замеров и формулы нормирования показателей. На расчётном примере модуля ведения классификатора и номенклатора материалов показан порядок вычисления интегрального индекса эффективности Iэф для процессов КТПП. Установлено, что применение методики позволяет количественно оценивать сокращение длительности поиска карточек и документации, времени согласования инженерных изменений, трудоёмкости ручного дублирования данных и числа ошибок атрибутивной связности. Расчётный пример дал значение Iэф = 0,767, что соответствует выраженному организационному и временному эффекту и подтверждает возможность тиражирования решения.

Ключевые слова: PDM-система, импортозамещение, КТПП, организационная эффективность, временная эффективность, трудоёмкость, инженерные данные, цифровизация, интеграция CAD/ERP, номенклатура материалов.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-4-70-79
EDN: DYNUFU

ВВЕДЕНИЕ

В предыдущих работах авторами были рассмотрены вопросы импортозамещения программных средств в машиностроении, а также этапы проектирования и внедрения PDM-системы в контуре конструкторско-технологической подготовки производства [1–4]. Однако для принятия решения о тиражировании таких решений недостаточно констатировать сам факт внедрения: необходимо измерить, насколько меняется длительность типовых операций, насколько снижается трудоёмкость сопровождения инженерных данных и как изменяется устойчивость цифрового контура предприятия.

Практика внедрения показывает, что для руководителей и профильных служб наиболее значимы показатели, связанные не столько с финансовыми оценками, сколько с продолжительностью цикла КТПП, временем согласования изменений, скоростью поиска актуальных данных и объёмом ручного дублирования информации. Именно эти показатели определяют пропускную способность инженерной подготовки производства и влияют на ритм выпуска документации.

В существующих публикациях эффект внедрения программных систем нередко фиксируется фрагментарно: либо через локальное сокращение времени отдельных операций, либо через обобщённые характеристики цифровой зрелости. В результате отсутствует единый оценочный контур, связывающий проект импортозамещения с контролируемыми изменениями во времени выполнения работ, трудоёмкости процедур, качестве данных и устойчивости интеграции.

Целью исследования является разработка методики комплексной оценки организационной и временной эффективности импортозамещения PDM-систем, обеспечивающей сопоставимое измерение результатов до и после внедрения в процессах КТПП. Объект исследования составляют процессы управления инженерными данными и ведения номенклатурной информации в условиях перехода на отечественные цифровые решения. Предмет исследования — методы измерения временных, трудоёмкостных, качественных, интеграционных и инфраструктурных эффектов внедрения PDM-системы.

Кузнецов Владислав Андреевич, аспирант. E-mail: frostvolum@yandex.ru
Хаймович Ирина Николаевна, доктор технических наук, профессор. E-mail: kovalek68@mail.ru
Ураскин Евгений Александрович. E-mail: uraskinevgeniy@mail.ru

Научная новизна работы состоит в разработке методики, сочетающей временные и организационные показатели в едином интегральном индексе и позволяющей рассчитывать этот индекс на конкретном сценарии импортозамещения программного обеспечения в КТПП. Практическая значимость исследования заключается в возможности использовать предложенный подход для обоснования очередности внедрения модулей PDM-системы, выбора зон первичного тиражирования и контроля достигнутого результата на этапе опытно-промышленной эксплуатации.

1. МЕСТО ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ПРОЕКТА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ PDM-СИСТЕМЫ

Оценка эффективности должна рассматриваться не как внешняя отчётная процедура, а как обязательный элемент жизненного цикла проекта импортозамещения. На этапе обследования предприятия фиксируются исходные значения длительности операций, трудоёмкости работ, числа возвратов на доработку и доли ручного дублирования данных. В процессе настройки и опытной эксплуатации накапливаются телеметрические данные и результаты контрольных сценариев, после стабилизации эксплуатации выполняются повторные замеры и расчёт интегрального показателя.

Такой подход обеспечивает прослеживаемость связи между архитектурными и организационными решениями и итоговыми метриками проекта. Например, переход от разрозненных справочников к единому классификатору материалов влияет на время поиска карточек, механизм контроля версий — на длительность согласования изменений, а интеграция PDM с CAD/ERP-контуром — на сокращение ручных операций и повторного ввода одних и тех же атрибутов.

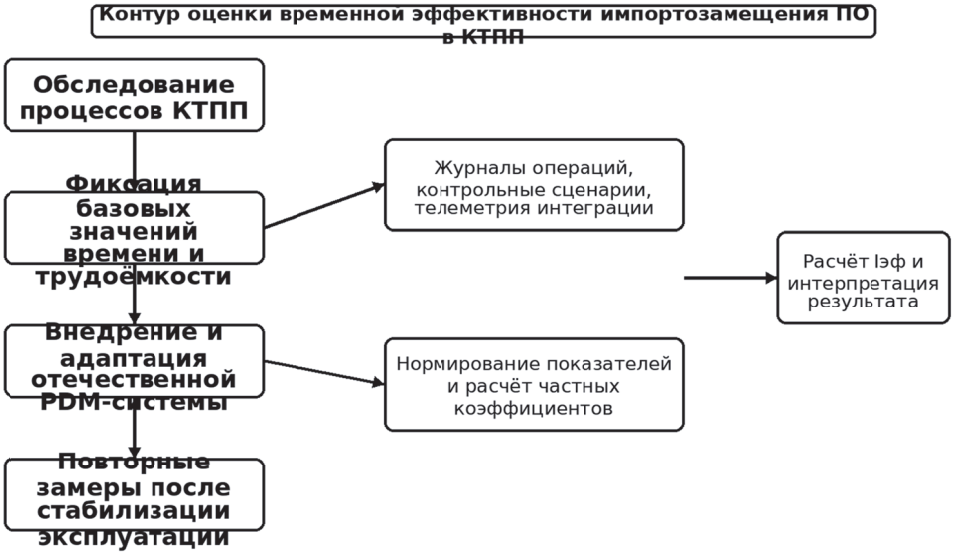

Рисунок 1 – Контур оценки временной эффективности импортозамещения программного обеспечения в КТПП

Предлагаемый контур оценки включает две группы информационных оснований. Первая группа представлена контрольными замерами длительности операций, выполняемых пользователями по типовым сценариям. Вторая группа формируется по журналам приложений и данным интеграции: по ней оцениваются полнота миграции, доля операций без ручного дублирования, частота отказов и устойчивость обработки изменений. Объединение этих данных позволяет оценивать не локальное улучшение, а системный организационный результат проекта.

Общая последовательность проектных действий, формирующих основу последующей оценки, показана на рисунке 2. Схема отражает, что измерение эффекта неразрывно связано с анализом процессов, построением модели информационной интеграции, созданием классификаторов, выбором системы и её адаптацией к нормативной базе предприятия.

Представленная схема позволяет выделить точки формирования измеряемого результата. Анализ существующих бизнес-процессов и информационного обеспечения задаёт базовые значения показателей; перепроектирование процессов и разработка классификаторов определяют состав контролируемых операций; выбор и настройка системы формируют требования к отклику и устойчивости; наполнение базы данных PDM обеспечивает измерение полноты миграции и качества связности объектов. Таким образом, оценка эффективности встраивается в логику проекта и используется для принятия решений о масштабировании решения на смежные подсистемы КТПП.

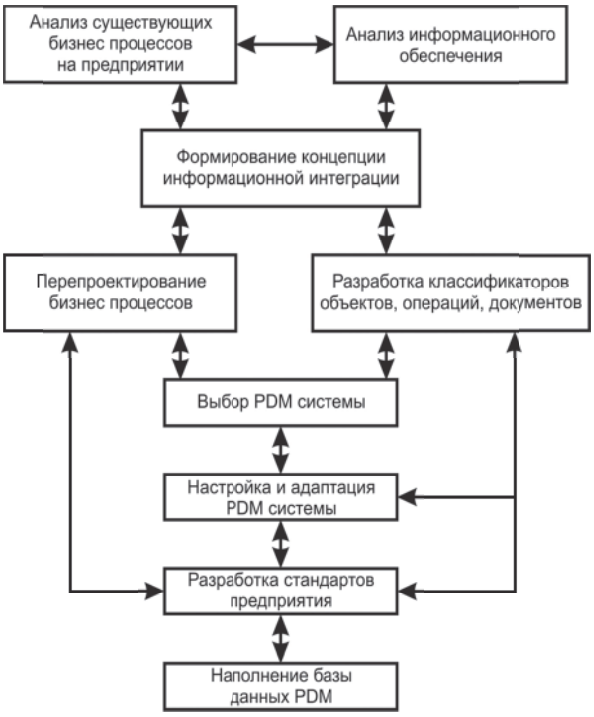

Рисунок 2 – Основные этапы импортозамещения PDM-системы

2. ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ

Результат импортозамещения PDM-системы не может быть выражен единственной метрикой. Корректная оценка требует совокупного учёта по меньшей мере пяти групп критериев: временных, трудоёмкостных, качественных, интеграционных и инфраструктурных. Такой набор отражает специфику КТПП, где ускорение процессов ценно лишь при сохранении целостности инженерных данных и устойчивости информационных связей [1–3, 8-10].

Временные критерии характеризуют изменение длительности типовых операций: поиска карточек и документов, согласования инженерного изменения, формирования электронного комплекта, синхронизации между системами. Трудоёмкостные критерии отражают объём ручных действий, включая ввод атрибутов, устранение дублей, повторный контроль и сопровождение справочников. Качественные показатели фиксируют число ошибок атрибутивной связности, конфликтов версий и возвратов на доработку. Интеграционные показатели демонстрируют долю операций без ручного дублирования и полноту передачи данных в смежные контуры, а инфраструктурные — отклик системы, устойчивость и пригодность к многопользовательской эксплуатации.

Таблица 1 – Система критериев оценки эффективности импортозамещения PDM-системы

Группа критериев	Основные показатели	Управленческая интерпретация
Временные	Время поиска карточки; длительность согласования изменения; время синхронизации CAD/PDM/ERP; длительность подготовки комплекта данных	Показывают сокращение цикла КТПП
Трудоёмкостные	Трудоёмкость ручного ввода; объём повторного контроля; время устранения дублей; затраты рабочего времени на сопровождение справочников	Отражают высвобождение рабочего времени специалистов
Качественные	Ошибки атрибутивной связности; конфликты версий; число возвратов на доработку; полнота миграции объектов	Характеризуют надёжность инженерных данных
Интеграционные	Доля операций без ручного дублирования; полнота обмена данными; устойчивость передачи в ERP и смежные модули	Оценивают связанность цифрового контура
Инфраструктурные	Средний отклик интерфейса; стабильность при одновременной работе пользователей; восстановление после отказа	Показывают промышленную пригодность решения

3. НОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И РАСЧЁТ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИНДЕКСА

Поскольку показатели выражаются в различных единицах измерения, для их сопоставления используется нормирование. Для критериев, улучшение которых связано с уменьшением абсолютного значения, применяется отношение достигнутого сокращения к базовому уровню. Для критериев, значение которых должно возрастать, используется отношение достигнутого приращения к максимально возможному приросту относительно выбранной целевой границы.

$$k_i = \frac{x_i^0 - x_i^1}{x_i^0},$$

где x_i^0 — значение i-го показателя до внедрения, x_i^1 — значение того же показателя после внедрения. Формула применяется для показателей, которые должны уменьшаться: длительности операций, числа ошибок, времени отклика и доли ручных действий.

$$k_i = \frac{x_i^1 - x_i^0}{x_i * - x_i^0},$$

где x_i^* — целевое значение показателя. Эта запись используется для показателей, которые должны возрастать, например для полноты миграции или доли операций без ручного дублирования.

$$\Delta T = (t^0 - t^1) \cdot n,$$
$$T\Sigma = \Sigma \Delta T.$$

Здесь t и t^1 — продолжительность j-й операции до и после внедрения, n — частота выполнения операции за рассматриваемый период. Суммарный резерв времени TΣ позволяет интерпретировать эффект в привычных для производственных служб единицах — человеко-часах в месяц или в год.

$$Iэф = \Sigma (w_i \cdot k_i),$$

где w_i — вес i-го показателя, причём сумма всех весов равна единице. Для предприятий единичного и мелкосерийного производства целесообразно повышать веса показателей поиска, согласования изменений и целостности ревизий; для крупных распределённых контуров возрастает значимость интеграционных и инфраструктурных характеристик.

$$Nэкв = \frac{T\Sigma}{Fмес},$$

где Nэкв — эквивалент высвобождаемой численности, Fмес — месячный фонд рабочего времени одного специалиста. В работе для иллюстрации принят фонд 160 ч/мес. В прикладной интерпретации индекс Iэф удобно разбивать на три уровня: значение менее 0,40 характеризует локальный эффект, интервал 0,40–0,70 соответствует устойчивому организационному эффекту, а значение свыше 0,70 указывает на выраженный результат и готовность решения к тиражированию.

4. РАСЧЁТНЫЙ ПРИМЕР ДЛЯ МОДУЛЯ ВЕДЕНИЯ КЛАССИФИКАТОРА И НОМЕНКЛАТОРА МАТЕРИАЛОВ В КТПП

Рассмотрим подробнее работу отдела материально-технического снабжения машиностроительного предприятия при автоматизации бизнес-процесса «Заказ материала на вспомогательное производство» в виде SADT-диаграммы (рис. 3). На данной диаграмме используются следующие организационные структуры: ОМТС – отдел материально-технического снабжения, БНМ – бюро нормирования материалов, ПЭО – планово-экономический отдел, цеха — производственные цеха.

В качестве расчётного примера рассмотрен алгоритм ведения классификатора и номенклатора материалов, соответствующий сценариям выбора группы материалов, марки, вида продукции, способа производства, создания карточки типоразмера и проверки объектов на дублирование (рис.4). Такие операции подробно представлены в материалах проектирования PDM-модуля и являются типовыми для конструкторско-технологической подготовки производства при ведении номенклатурных и атрибутивных данных [1, 4–6].

Для демонстрации порядка применения методики использованы контрольные замеры пяти операций, непосредственно соответствующих указанным сценариям. В примере анализируется не финансовый, а временной и трудоёмкостный результат внедрения отечественного программного решения, поскольку именно этот результат наиболее наглядно характеризует изменение пропускной способности КТПП.

Для создания классификатора материалов в PDM-системе необходимо в классе «проекты» разработать соответствующие папки и группы, к ним относятся из взятого алгоритма элементы «Выбор группы материала», «Выбор марки», «Выбор вида продукции» и «Выбор способа производства». Итоговый вариант классификатора материалов показан на рисунке 5. Пример создания номенклатора для конкретного материала в PDM-системе показан на рисунке 6.

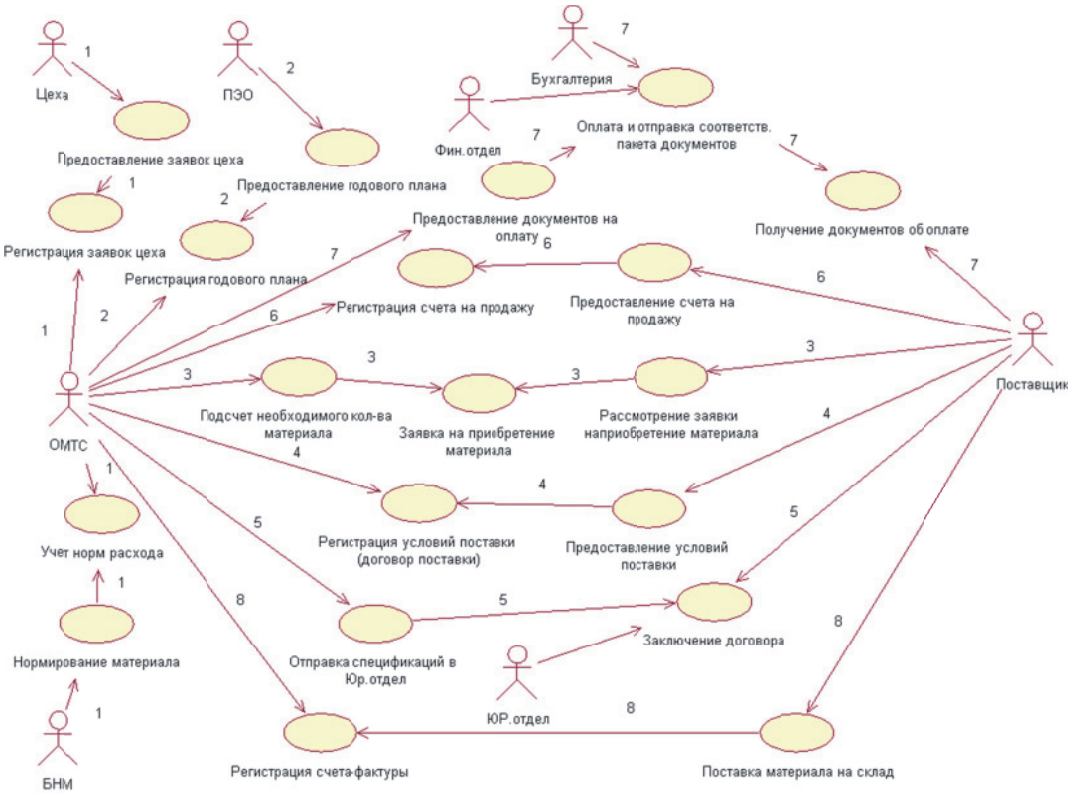

Рисунок 3 – SADT-диаграмма автоматизации бизнес-процесса «Заказ материала на вспомогательное производство»

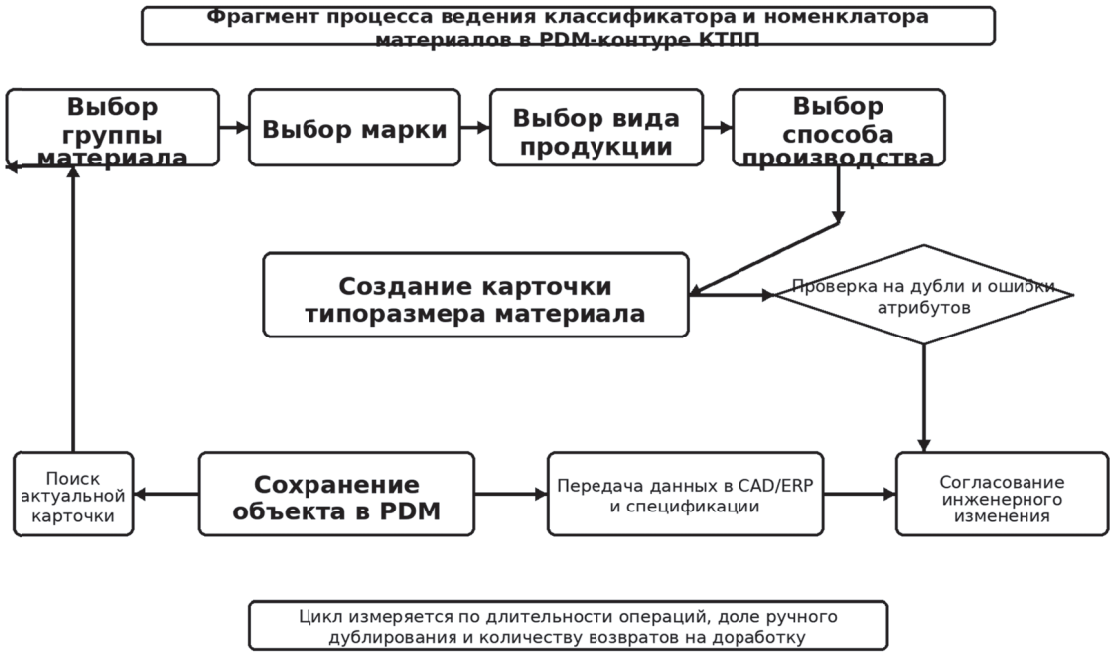

Рисунок 4 – Алгоритм автоматизации процесса ведения номенклатора материалов в PDM-контуре КТПП

Чтобы оценить уровень автоматизации конкретной организационной структуры на производстве, надо провести структуризацию контрольных замеров длительности операций и резерва рабочего времени (таблица 2).

По приведённым данным суммарный резерв рабочего времени составляет $T\Sigma$ = 222,7 ч/мес, или 2672 ч/год. При месячном фонде рабочего времени 160 ч это соответствует Nэкв = 1,39 условной единицы трудовой занятости. Наибольший вклад в резерв времени даёт сокращение длительности согласования инженерных изменений, что связано с исключением повторного ввода атрибутов, упорядочением маршрутов и уменьшением числа возвратов из-за несогласованности данных.

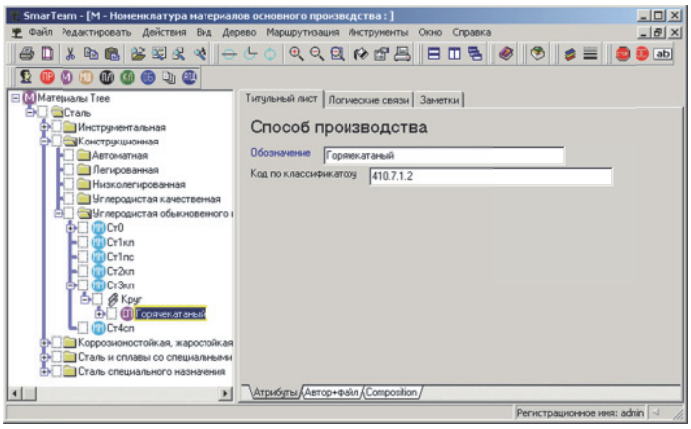

Рисунок 5 – Итоговый классификатор материалов для формирования класса «Материалы» в PDM-системе

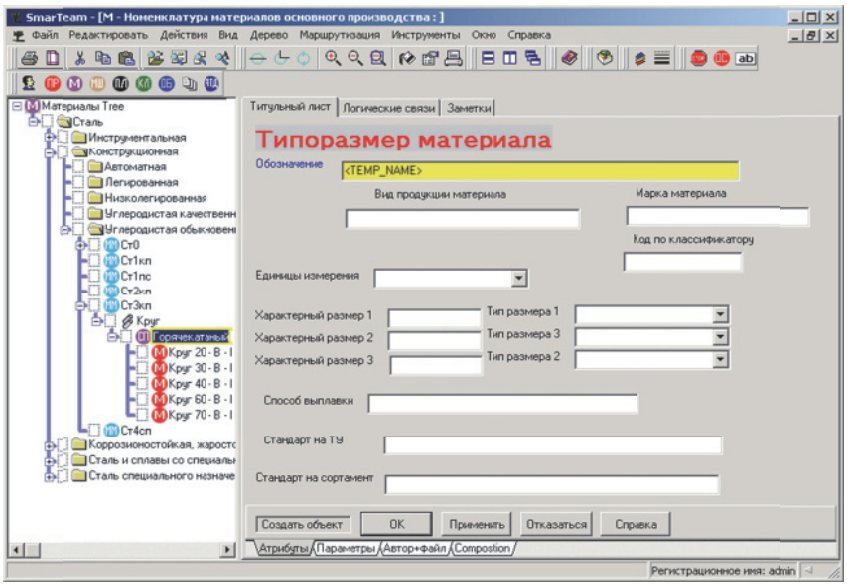

Рисунок 6 – Заполнение учетной карточки номенклатора материала в PDM-системе

Таблица 2 – Контрольные замеры длительности типовых операций и резерв рабочего времени

Операция	До, мин	После, мин	Частота, оп./мес	Экономия времени, ч/мес
Поиск актуальной карточки материала	18	2	240	64,0
Создание карточки типоразмера материала	25	9	40	10,7
Согласование инженерного изменения при замене материала	960	360	10	100,0
Передача атрибутивных данных в смежный контур	15	2	180	39,0
Проверка на дубли и исправление атрибутивных ошибок	12	3	60	9,0
Итого	—	—	—	**222,7**

Расчёт частных нормированных коэффициентов выполнен для семи показателей. Для доли операций без ручного дублирования использовано прямое нормирование по отношению к целевому уровню 100 %, а для полноты миграции — отношение фактически достигнутого значения к целевому. Полученные коэффициенты и их вклад в интегральный индекс представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Нормированные показатели и расчёт интегрального индекса Iэф

Показатель	До	После	k_i	w_i	$w_i \cdot k_i$
Время поиска карточки, мин	18	2	0,889	0,18	0,160
Время создания карточки, мин	25	9	0,640	0,16	0,102
Время согласования изменения, мин	960	360	0,625	0,18	0,113
Операции без ручного дублирования, %	35	90	0,846	0,14	0,118
Дубли и атрибутивные ошибки, %	12	2	0,833	0,12	0,100
Полнота миграции номенклатуры, %	0	97	0,970	0,10	0,097
Средний отклик интерфейса, с	5,0	1,8	0,640	0,12	0,077
Итого Iэф	**—**	**—**	**—**	**1,00**	**0,767**

Подстановка значений в итоговую формулу даёт: Iэф = 0,18·0,889 + 0,16·0,640 + 0,18·0,625 + 0,14·0,846 + 0,12·0,833 + 0,10·0,970 + 0,12·0,640 = 0,767. Полученное значение превышает порог 0,70, то есть соответствует выраженному организационному и временному эффекту и указывает на готовность решения к дальнейшему тиражированию в смежные контуры КТПП (рис. 7, 8).

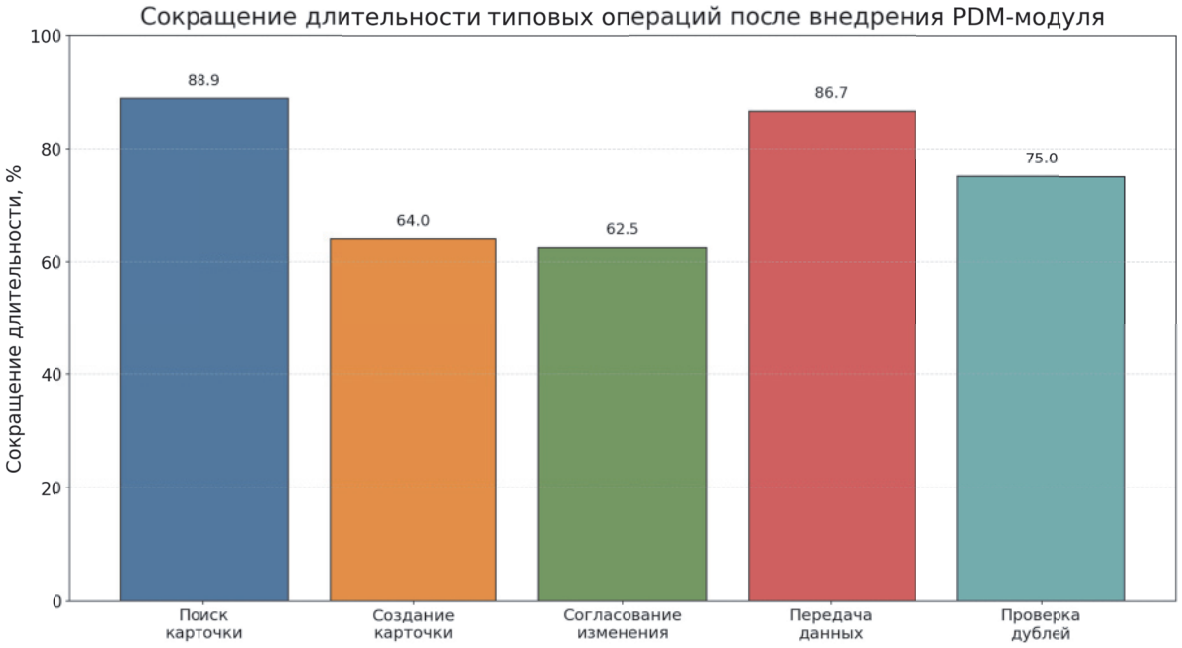

Рисунок 7 – Сокращение длительности типовых операций после внедрения PDM-модуля

5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выполненный расчёт показывает, что для рассматриваемого сценария импортозамещения программного обеспечения доминируют три группы эффектов. Во-первых, резко уменьшается длительность операций поиска и согласования, что приводит к сокращению времени прохождения инженерного изменения. Во-вторых, уменьшается объём ручного дублирования данных между локальными таблицами, карточками и смежными приложениями. В-третьих, повышается целостность номенклатурной информации за счёт встроенного контроля дублей и единых классификаторов.

С методологической точки зрения важен не только абсолютный размер резерва времени, но и структура вклада показателей в интегральный индекс. В рассматриваемом примере наибольший вклад формируют поиск карточек, согласование изменений и интеграционные характеристики. Это означает, что при поэтапном внедрении отечественной PDM-системы на первом шаге целесообраз-

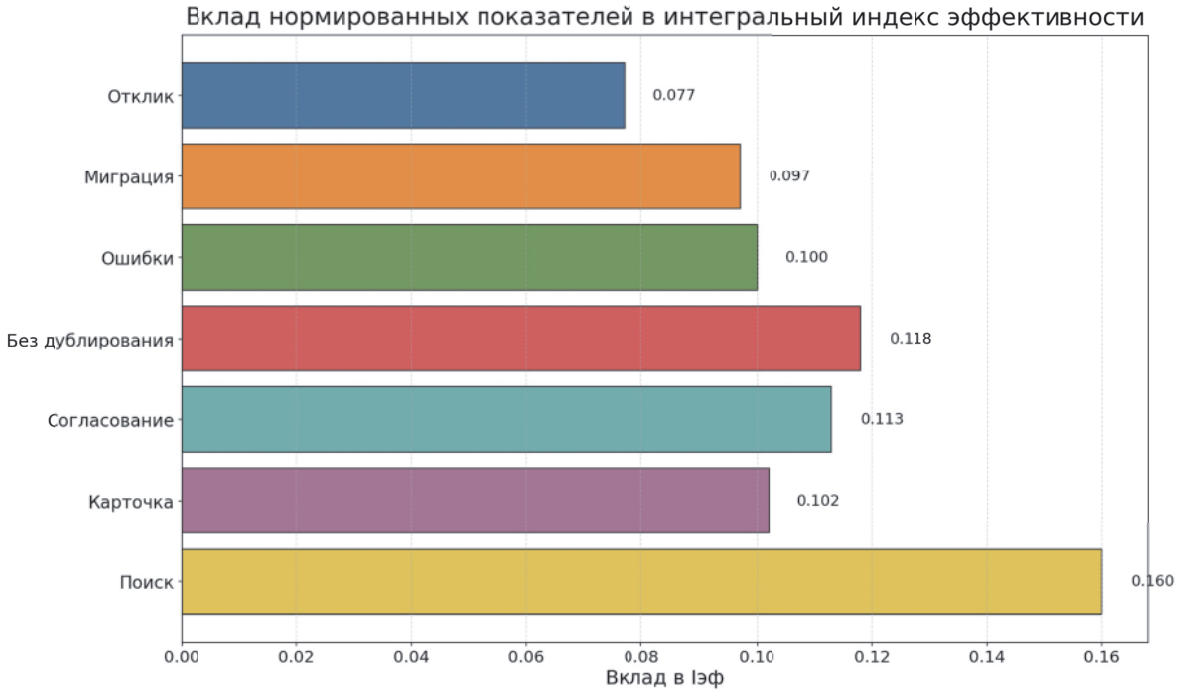

Рисунок 8 – Вклад нормированных показателей в интегральный индекс эффективности

но автоматизировать именно те модули, которые устраняют разрывы между инженерными и номенклатурными данными и минимизируют ручное копирование атрибутов.

Предложенная методика может использоваться для сравнения различных сценариев развития проекта: локальной замены справочника материалов, внедрения маршрутов согласования, переноса архива инженерных данных или построения полного PDM-ядра. Сравнение по единому индексу Iэф позволяет выбрать не только технологически реализуемый, но и организационно оправданный вариант тиражирования.

6. ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ

Приведённый пример носит расчётный характер и построен на типовых сценариях работы модуля ведения классификатора и номенклатора материалов. Поэтому структура весов и абсолютные значения частных коэффициентов могут изменяться в зависимости от масштаба предприятия, зрелости ИТ-ландшафта, степени интеграции с ERP-системой и дисциплины ведения инженерных данных.

Дальнейшее развитие исследования связано с накоплением эмпирических рядов по журналам эксплуатации, автоматическим извлечением временных меток из PDM- и ERP-контуров, а также с формированием отраслевых профилей весовых коэффициентов для различных типов машиностроительных производств. Отдельным направлением является расширение методики за счёт учёта показателей пользовательского принятия системы и устойчивости процессов при тиражировании решения на смежные подразделения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена методика комплексной оценки организационной и временной эффективности импортозамещения PDM-систем в конструкторско-технологической подготовке производства. Методика объединяет временные, трудоёмкостные, качественные, интеграционные и инфраструктурные критерии и позволяет рассчитывать интегральный индекс эффективности на конкретных сценариях работы пользователей.

В работу включены контур оценки, схема основных этапов импортозамещения PDM-системы и расчётный пример для модуля ведения классификатора и номенклатора материалов. Для выбранного примера получены суммарный резерв времени 222,7 ч/мес и интегральный индекс Iэф = 0,767. Это значение соответствует выраженному организационному и временному эффекту и подтверждает практическую применимость методики при принятии решений о развитии и тиражировании решений в контуре КТПП.

Тем самым предложенный подход может рассматриваться как инструмент сопровождения проектов цифровой трансформации инженерной подготовки производства, ориентированный на измеримый результат в единицах времени, трудоёмкости и качества инженерных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хаймович, И.Н.* Разработка производственной среды при внедрении информационных систем конструкторско-технологической подготовки производства в условиях ограничения по ресурсам: монография / И.Н. Хаймович. – Самара: Изд-во СНЦ, 2008. – 164 с.
2. *Батищев, В.И.* Концепция информационной среды в организации производства на предприятии с применением оптимизации маршрутов обработки деталей / В.И. Батищев, И.Н. Хаймович, В.И. Марков, А.Н. Макашов // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2018. – № 3. – С. 77–85.
3. *Хаймович, И.Н.* Рационализация организации производства машиностроительного предприятия на основе реинжиниринга / И.Н. Хаймович, А.И. Хаймович // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2006. – № 3(11). – С. 53–57.
4. *Кузнецов, В.А.* Анализ проблемы импортозамещения в машиностроении с учетом информационных технологий / В.А. Кузнецов, И.Н. Хаймович // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2025. – № 3. – С. 3-11.
5. *Фаулер, М.* UML. Основы. 3-е изд. / М. Фаулер. – СПб.: Символ-Плюс, 2004. – 192 с.
6. *Ларман, К.* Применение UML и шаблонов проектирования / К. Ларман. – М.: Вильямс, 2002. – 624 с.
7. ISO/IEC 12207:1995 Information technology — Software life cycle processes.
8. *Fowler M.* Patterns of Enterprise Application Architecture. Addison-Wesley, 2002. 560 p.
9. *Савич, Е.К.* Методология создания и функционирования интеллектуальной цифровой системы менеджмента качества / Е.К. Савич // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2025. – № 3. – С. 94-100.
10. *Антипов, Д.В.* Совершенствование процесса передачи конструкторской документации в производство / Д.В. Антипов, И.С. Васин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2025. – № 3. – С. 101-105.

METHODOLOGY FOR THE INTEGRATED ASSESSMENT OF THE ORGANIZATIONAL AND TIME EFFICIENCY OF IMPORT SUBSTITUTION OF PDM SYSTEMS IN DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION OF PRODUCTION

© 2026 V.A. Kuznetsov[1], I.N. Khaimovich[1,2], E. A. Uraskin[1]

[1] Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, Russia
[2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

The paper proposes a methodology for the integrated assessment of the organizational and time efficiency of import substitution of PDM systems in design and technological preparation of production. In contrast to approaches limited to general digitalization indicators or local estimates of time reduction for separate operations, the proposed framework combines temporal, labor-intensity, qualitative, integration and infrastructure criteria in a unified assessment contour. The methodology includes the scheme of the main stages of PDM import substitution, a contour of control measurements and formulas for indicator normalization. A calculation example is given for a module of material classifier and nomenclature management within the DTPP contour, and the order of computing the integral efficiency index Ieff is demonstrated. The approach makes it possible to quantify the reduction of search time, engineering change approval time, manual data duplication effort and the number of attribute consistency errors. The calculation example gives Ieff = 0.767, which corresponds to a pronounced organizational and time effect and confirms the possibility of scaling the solution.

Keywords: PDM system, import substitution, design and technological preparation of production, organizational efficiency, time efficiency, labor intensity, engineering data, digitalization, CAD/ERP integration, material nomenclature.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-4-70-79
EDN: DYNUFU

REFERENCES

1. *Hajmovich, I.N.* Razrabotka proizvodstvennoj sredy pri vnedrenii informacionnyh sistem konstruktorsko-tekhnologicheskoj podgotovki proizvodstva v usloviyah ogranicheniya po resursam: monografiya / I.N. Hajmovich. – Samara: Izd-vo SNC, 2008. – 164 s.
2. *Batishchev, V.I.* Koncepciya informacionnoj sredy v organizacii proizvodstva na predpriyatii s primeneniem optimizacii marshrutov obrabotki detalej / V.I. Batishchev, I.N. Hajmovich, V.I. Markov, A.N. Makashov // Vestnik Samarskogo municipal'nogo instituta upravleniya. – 2018. – № 3. – S. 77–85.

3. Hajmovich, I.N. Racionalizaciya organizacii proizvodstva mashinostroitel'nogo predpriyatiya na osnove reinzhiniringa / I.N. Hajmovich, A.I. Hajmovich // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta. – 2006. – № 3(11). – S. 53–57.
4. *Kuznecov, V.A.* Analiz problemy importozameshcheniya v mashinostroenii s uchetom informacionnyh tekhnologij / V.A. Kuznecov, I.N. Hajmovich // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2025. – № 3. – S. 3-11.
5. *Fauler, M.* UML. Osnovy. 3-e izd. / M. Fauler. – SPb.: Simvol-Plyus, 2004. – 192 s.
6. *Larman, K.* Primenenie UML i shablonov proektirovaniya / K. Larman. – M.: Vil'yams, 2002. – 624 s.
7. ISO/IEC 12207:1995 Information technology — Software life cycle processes.
8. *Fowler M.* Patterns of Enterprise Application Architecture. Addison-Wesley, 2002. 560 p.
9. *Savich, E.K.* Metodologiya sozdaniya i funkcionirovaniya intellektual'noj cifrovoj sistemy menedzhmenta kachestva / E.K. Savich // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2025. – № 3. – S. 94-100.
10. *Antipov, D.V.* Sovershenstvovanie processa peredachi konstruktorskoj dokumentacii v proizvodstvo / D.V. Antipov, I.S. Vasin // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2025. – № 3. – S. 101-105.

Vladislav Kuznetsov, Graduate Student, E-mail: frostvolum@yandex.ru
Irina Khaimovich, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: kovalek68@mail.ru
Evgeniy Uraskin. E-mail: uraskinevgeniy@mail.ru