

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ СКВОЗНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТ В МАШИНОСТРОЕНИИ

С. Г. Фомин

Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
e-mail: semafor@gmail.com

Аннотация. Актуальность исследования определяется, с одной стороны, спросом экономических субъектов на цифровизацию процессов планирования, а с другой – задачей разработки методических подходов, обеспечивающих наличие и качество данных для такого планирования.

Цель исследования – обоснование подхода к цифровизации данных для обеспечения сквозного планирования работ в холдингах машиностроения.

Методы исследования включают общенаучные подходы (анализ, синтез и систематизация), инструментальный моделирование (диаграмма сущность-связь, диаграмма потоков данных), прикладные практики (сервисного подхода для информационных технологий, бережливого производства и теории ограничений).

Результаты работы представлены в виде разработанного итерационно-инкрементального подхода к формированию данных в системе сквозного планирования на цифровой платформе. Подход включает классификацию данных для планирования на всех уровнях управления в холдингах; систематизацию потерь на этапах работы с данными планирования и направления устранения потерь; определение стадий зрелости нормативно-справочной информации на всех уровнях планирования (структурное подразделение, предприятие, холдинг) как части единой цифровой платформы планирования холдинга; установление взаимосвязи результативности между данными планирования, цифровой платформой сквозного планирования и производственной цепочкой создания ценности. По результатам апробации, проведенной в машиностроительных холдингах России, получены различные результаты, среди которых: существенное повышение производственной дисциплины сроков выполнения заказов и сокращение запасов; повышение вовлеченности персонала в планирование на цифровой платформе.

Предложенный итерационно-инкрементальный подход имеет теоретическое значение для развития методов организации планирования и формирования соответствующих данных на цифровой платформе отраслевых производственных холдингов, а также практико-ориентированное значение для достижения предприятиями желаемых бизнес-результатов.

Направления дальнейших исследований лежат в области более глубокой интеграции операционного и производственного планирования в рамках единой цифровой платформы предприятия и расширения этой платформы для взаимодействия с поставщиками и потребителями.

Настоящее исследование может быть рекомендовано широкому кругу исследователей и специалистов, вовлеченных в изучение и развитие процессов внутрифирменного планирования.

Ключевые слова: цифровизация планирования, холдинг, система сквозного планирования, цифровизация данных, машиностроение, данные для планирования.

Благодарности. Исследование выполнено в соответствии с государственным заданием Минобрнауки России для ФГБУН Института экономики УрО РАН на 2025 год.

Для цитирования: Фомин С. Г. Цифровизация данных в системе сквозного планирования работ в машиностроении // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2025. – № 5. – С. 51–63. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2025-5-51>.

DIGITALIZATION OF DATA IN THE END-TO-END WORK PLANNING SYSTEM IN MECHANICAL ENGINEERING

S. G. Fomin

Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

e-mail: semafom@gmail.com

Abstract. *The relevance of this research is determined, on the one hand, by the demand from economic entities for the digitalization of planning processes, and on the other hand, by the need to develop methodological approaches that ensure the availability and quality of data for such planning.*

The aim of the study is to justify an approach to data digitalization to support end-to-end work planning in machine-building holding companies.

The research methods include general scientific approaches (analysis, synthesis, and systematization), modeling tools (entity-relationship diagrams, data flow diagrams), as well as applied practices (service-oriented IT management, lean production, and the theory of constraints).

The research results are presented as a developed iterative-incremental approach to data formation within the end-to-end planning system on a digital platform. The approach includes the classification of planning data at all management levels within holding companies; systematization of losses at planning data processing stages and methods for their elimination; determination of maturity stages of reference information at all planning levels (subdivision, enterprise, holding) as part of a unified digital planning platform; and establishing the relationship between the effectiveness of planning data, the digital end-to-end planning platform, and the production value creation chain. Based on the approbation conducted in Russian machine-building holdings, various results were obtained, including a significant improvement in production discipline in meeting order deadlines and inventory reduction, as well as increased engagement in planning via the digital platform.

The proposed iterative-incremental approach holds theoretical significance for the development of methods for organizing planning and forming the relevant data on the digital platform of industrial production holdings, as well as practical relevance for helping enterprises achieve desired business outcomes.

Future research directions lie in the area of deeper integration of operational and product planning within a single enterprise-wide digital platform.

This study may be recommended to a wide range of researchers and specialists involved in the study and development of intra-firm planning processes.

Keywords: *digitalization of planning, holding company, end-to-end planning system, digitalization of data, mechanical engineering, planning data*

Acknowledgments. This research was carried out in accordance with the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences for 2025.

Cite as: Fomin, S. G. (2025) [Digitalization of data in the end-to-end work planning system in mechanical engineering]. *Intellect. Innovacii. Investicii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 5, pp. 51–63. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2025-5-51>.

Введение

Цифровизация процессов управления и производства является тенденцией развития промышленных предприятий. Цифровизация данных – необходимый этап и основа цифровизации процесса планирования.

В то же время, согласно исследованию SBS Consulting, уровень цифровой зрелости промышлен-

ных предприятий России остается относительно низким, что проявляется в фрагментарном внедрении цифровых решений. Недостаточное количество и низкое качество данных является барьером цифровизации и сдерживающим фактором внедрения систем планирования, это отмечает 41% и 62% предприятий соответственно¹.

¹ Анализ уровня цифровизации российских предприятий обрабатывающей промышленности / Д. Бабанский [и др.] // SBS-CONSULTING. – URL: <https://www.sbs-consulting.ru/upload/iblock/3d5/ccrysg0994bsn7roc0y6i8s8uy13v4x3.pdf> (дата обращения: 22.02.2025).

С усложнением продуктов и производственных цепочек пропорционально усложняется и управление данными, отражающими реальные физические, конструкторские и технологические объекты в информационной системе. Различные формы организационно-экономических объединений предприятий, например, холдингового типа, создают предпосылки получения дополнительных конкурентных преимуществ совместной работы с данными в рамках сквозного планирования. При этом создаются вызовы наличия методических подходов к работе с данными планирования, которые удовлетворяют требованиям всех бизнес-единиц.

Исходя из этого, определена цель исследования – обоснование подхода к цифровизации данных для обеспечения сквозного планирования работ в холдингах машиностроения.

В соответствии с целью задачи настоящей работы:

1. Изучение подходов к формированию системы сквозного планирования на цифровой платформе.
2. Рассмотрение проблем и способов их решения как для системы планирования в целом, так и для работы с данными в информационном потоке.
3. Разработка модели развития данных планирования по комплексу направлений.
4. Предложение итерационно-инкрементального подхода эволюционного управляемого развития данных для планирования.

Объектом исследования являются российские машиностроительные холдинги, включающие предприятия единичного и мелкосерийного типа производства. Предмет исследования – организационно-экономические отношения, возникающие по поводу цифровизации данных для планирования.

Обзор литературы и исследований

Тенденции формирования данных для сквозного внутрифирменного планирования развивались от первых математически обоснованных подходов к планированию в начале XX века до цифрового инструментария XXI века.

А. К. Гастев [6], Л. В. Канторович² заложили основы структурированного подхода к управлению информацией в планировании. В период с 1920-х по 1960-е годы в СССР теоретические разработки по планированию на макро- и микроуровнях планирования быстро находили практическое применение в промышленности.

Начиная с 1960-х годов, развитие процессов планирования во многом определялось теми возможно-

стями работы с динамически изменяющейся информацией, которые предоставляли электронно-вычислительные машины. Основоположники этой области J. Orlicky [17] и O. Wight [22] сформировали базовые методы планирования, ключевые справочники и подходы к работе с ними, применяемые в современном программном обеспечении.

В 1990-х–2000-х годах подходы к планированию продолжали детализироваться и уточняться с учетом отраслевой специфики. Ученые отвечали на вызовы глобализации производственных цепочек. В этот период, например, T. F. Wallace уделяет внимание тактическому планированию продаж и операций, которое имеет методические параллели с подходами к пятилетнему планированию, ранее разрабатываемому в СССР [21]. Это свидетельствует о сохранении общих принципов планирования, несмотря на смену экономической и технологической парадигм.

Ученые отмечают следующие характерные черты систем сквозного планирования, которые трансформируют традиционное планирование в интегрированный процесс:

- интеграция жизненного цикла продукции, то есть рассмотрение цикла «исследование-разработка-эксплуатация» как единое целое [1];
- использование комплексного подхода, объединяющего стратегические, тактические и операционные уровни управления [2];
- внедрение цифровых инструментов для синхронизации данных между всеми функциональными блоками [7].

Автор поддерживает подход ASCM (Association for Supply Chain Management – Ассоциация управления цепочками поставок), отраженный в SCOR (Supply Chain Operations Reference – эталонная модель операций цепочки поставок), в отношении определения данных, как одного из важнейших элементов (другие элементы – процессы, показатели, компетенции, инструментарий) системы сквозного планирования – подмножества (используемых для решения всех задач планирования) множества всех данных во всех источниках [10; 11].

Особую важность для планирования имеет связь сущностей данных для планирования и объектов реального мира [15; 13]. Это перекликается с принципами бережливого производства, которые помогают выявить и устранить скрытые потери, такие как перепроизводство, дефекты, передвижения, транспортировка, запасы, излишняя обработка, ожидание, демотивация [5].

² Канторович Л. В. Математические методы организации и планирования производства. – Ленинград: Издательство ЛГУ, 1939. – 68 с. – EDN: ZIGTUB.

Ученые уделяют внимание не только целевому состоянию системы сквозного планирования, но и путям достижения этого состояния: учет как технологических, так и социальных аспектов для успешной цифровизации [19]; решение проблемы разрозненных данных и ручного труда для гибкого планирования в условиях высокой вариативности продукции, характерной для машиностроения [20]; переход от хаотичного сбора всех данных подряд к определению точного перечня данных, необходимых для управления процессами и планирования в реальном времени [18]; достижение понимания производственных характеристик, чтобы успешно внедрять новые технологии и достигать надежного принятия решений, это особенно важно для традиционных производственных компаний с низким уровнем цифровизации [16].

В работах, посвящённых цифровизации процесса планирования, подчёркивается ключевая роль цифровизации данных как основы для эффективного управленческого анализа и принятия решений [12]. Отмечается, что успешная цифровая трансформация производства начинается именно с этапа цифровизации производственных данных [14].

Таким образом, в условиях стремительной цифровизации, планированию производства отводится особая роль в достижении экономических эффектов [4]. Эффективность такого планирования напрямую зависит от развитости информационной поддержки, ключевым элементом которой является модель данных, формирующая основу архитектуры информационных систем производственного планирования [9]. Однако, несмотря на очевидные преимущества и научные прорывы, актуальность проблем информационной поддержки планирования на предприятиях сохраняется [3], что требует дальнейших исследований и практических решений в области управления данными и их интеграции в производственные процессы.

Несмотря на то, что имеются различные теоретические подходы ученых к развитию сквозного планирования по множеству направлений, недостаточное внимание уделено именно процессу формирования данных для планирования производства с учетом специфики холдинговых структур мелкосерийного и единичного типа производства в машиностроении. Существующие теоретические разработки не решили проблему создания управляемой гетерогенной системы на основе единства данных и процессов разрозненных заводов и функций, находящихся в организационной и технологической взаимозависимости.

Материалы и методы

В настоящем исследовании применена комбинация методов: общенаучные методы анализа, синтеза

и систематизации; методы моделирования данных, сервисный подход использования информационных технологий; адаптированы прикладные методы управления производственным потоком.

При формировании модели данных системы сквозного планирования использована ER-диаграмма (Entity-Relationship model – модель «сущность – связь») и DFD-диаграмма (Data Flow Diagrams – диаграмма потоков данных).

Для повышения качества системы сквозного планирования применен сервисный подход согласно ITSM (Information Technology Service Management – сервисный метод информационных технологий, который предлагает сконцентрироваться не на технологиях и аппаратном обеспечении, а на пользователях и их потребностях): нормативно-справочная информация планирования – это сервис для бизнес-процесса планирования; информационные технологии (ИТ) – это сервис для нормативно-справочной информации планирования, обеспечивающий качество данных и процессов.

TPS (Toyota Production System – производственная система Toyota) и TOC (Theory of Constraints – теория ограничений) – эти методы из производственных практик адаптированы для работы с информационным потоком данных в системе сквозного планирования. При работе с данными сделан акцент на устранении потерь, непрерывном улучшении, выявлении узких мест, определении целевого состояния системы сквозного планирования.

Материалами исследования послужили данные российских машиностроительных холдингов единичного и мелкосерийного типа производства различной продуктовой специализации, в частности, «Объединенные Машиностроительные Заводы» – тяжелое машиностроение единичного типа; холдинг среднего машиностроения; «Синара – Транспортные Машины» – железнодорожное машиностроение, городской транспорт, двигателестроение. Суммарное количество заводов, входящих в рассматриваемые холдинги, составляет порядка 30 бизнес-единиц.

Результаты исследования

Данные для планирования – это содержание информационного потока процесса планирования. В целевом состоянии весь жизненный цикл данных планирования – создание, хранение, обработка, передача – осуществляется только в единой цифровой платформе сквозного планирования.

В таблице 1 приведены систематизированные примеры потерь, возникающие на этапах планирования, и требуемый уровень их решения.

Таблица 1. Потери на этапах работы с данными при планировании

Этап работы с данными	Скрытые потери [5]	Вид потери на этапах планирования при работе с данными	В идеальной ситуации отсутствует потеря
Сбор информации	Передвижения	Время для поиска данных (мест, где расположены), их запроса, получения доступа, получение самих данных и ознакомления с ними	Четко назначены ответственные за сбор актуальных данных, есть шаблон их предоставления
Передача информации	Транспортировка	Время для передачи данных от владельца к получателю. Потеря точности в информации	Передача данных не требуется, данные генерируются из первичных документов в нужный момент средствами автоматизации (на основе концепции датацентричности [8])
Проверка	Дефекты	Выполнение технического анализа на предмет соответствия требованиям	Реализованы автоматические проверки точности данных или обеспечен запрет на ввод неточных данных
Доработка исходной информации	Излишняя обработка	Трудоемкость дополнения необходимыми для работы недостающими и связанными данными, их структурирования и повышения точности	Все участники понимают требования к данным, данные всегда в подходящем для использования состоянии
Перенос данных	Транспортировка	Потеря данных и (или) их качества при переносе из различных источников в аналитические приложения	Данные всегда в целевом месте в нужное время
Расчетные задачи	Дефекты	Ошибки при выполнении рутинных математических вычислений	Реализованы расчетные алгоритмы, интегрированные в платформу планирования

Источник: разработано автором

Предложенная автором систематизация потерь при работе с данными планирования адаптирует базовую теорию бережливого производства и дополняет инструментарий устранения потерь с учетом специфики информационного потока и возможностей цифровизации.

На основе анализа, приведенного в таблице 1, можно сделать вывод, что при построении эффективной системы планирования работ на машиностроительных холдингах, с правильным использованием современного инструментария цифровизации возможно избежать потерь, возникающих на этапах работы с данными.

Рассматриваемый в настоящей работе итерационно-инкрементальный подход состоит из двух составляющих:

- итерация – последовательность создания результатов (инкрементов) в результате выполнения повторяющихся действий, представленная на рисунке 1, при создании цифровой платформы сквозного планирования каждая новая итерация выполняется на более сложном уровне и с увеличившимся количеством данных, созданных на предыдущих итерациях;
- инкремент – увеличение количества данных, представленных на рисунке 2, каждый инкремент

представляет ценность и создает положительный эффект для бизнеса как сам по себе, так и как часть системы сквозного планирования, основа для дальнейших действий.

Автор предлагает следующий итерационный подход к разворачиванию системы сквозного планирования машиностроительного холдинга на цифровой платформе, представленный на рисунке 1.

Перед тем как приступить к развитию данных для планирования в холдинге необходимо сделать выводы о требованиях к информационной системе в части обеспечения безопасности работы с данными, а также сформулировать гипотезы о приоритетной функциональности проектируемой информационной системы, выявить препятствия и возможности при интеграции данных между различными предприятиями в рамках холдинга.

При определении порядка формирования требований и создания данных для сквозного планирования должны учитываться факторы конкретной информационной и производственной среды: информационные системы (имеющиеся или планируемые), имеющиеся данные планирования (в том числе не в машиночитаемом виде), приоритеты повышения эффективности, готовность функциональных вертика-

лей к совместному развитию системы планирования, готовность к затратам (финансовым и временным) на внедрение предлагаемого подхода, тип производства бизнес-единиц холдинга. Автор предлагает прово-

дить насыщение данными и нормализацию данных одновременно и непрерывно в цифровой среде при построении, эксплуатации и модификации системы сквозного планирования.

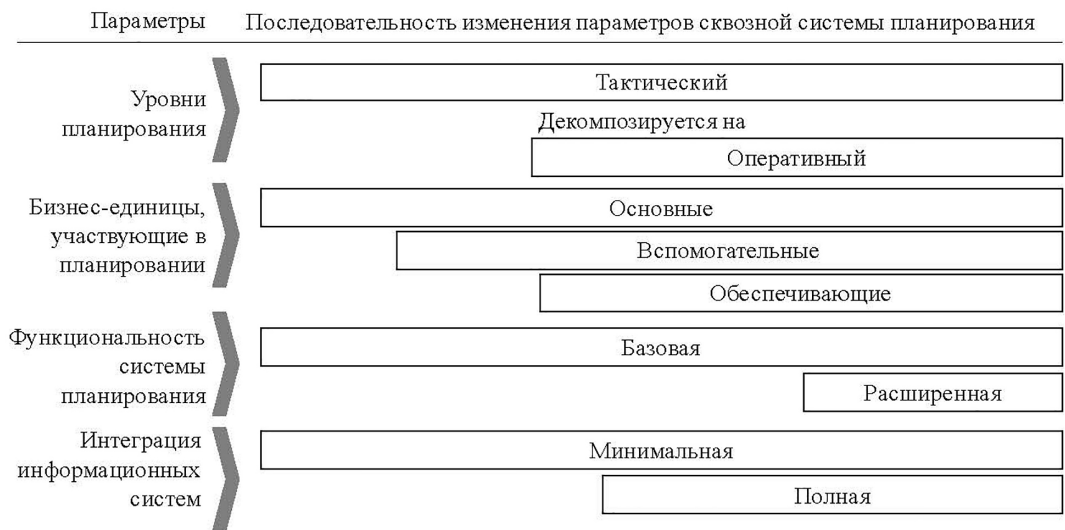


Рисунок 1. Итерации развертывания системы сквозного планирования машиностроительного холдинга на цифровой платформе
Источник: разработано автором

Определение очередных инкрементов, создаваемых при развитии сквозного планирования, исходит из оценки текущей цифровой зрелости планирования (результатов предыдущих итераций) и актуальных бизнес-задач предприятия. Инкремент развития сис-

темы сквозного планирования, включая данные для планирования, ориентированные на бизнес-результат в машиностроительном холдинге, представлен в виде взаимосвязей на рисунке 2.

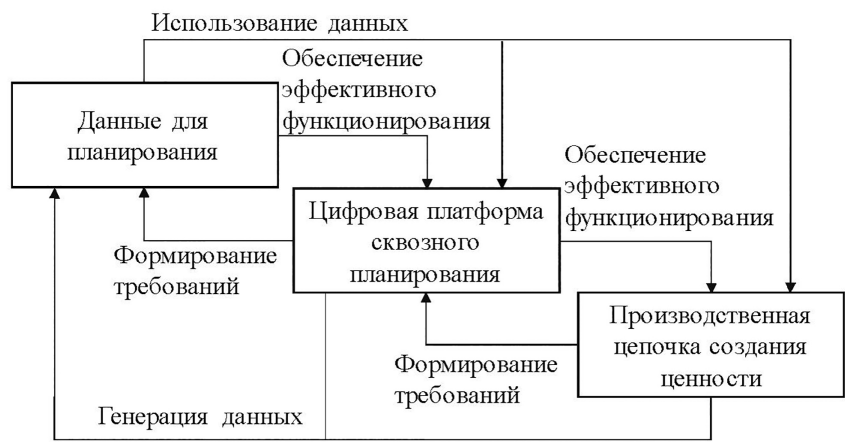


Рисунок 2. Взаимосвязь данных для планирования, цифровой платформы сквозного планирования и производственной цепочки создания ценности
Источник: разработано автором

Обеспечивается двунаправленная связь: наличие данных необходимо для функционирования цифровой платформы и, одновременно, цифровая платформа планирования генерирует данные для планирования.

Цифровая платформа сквозного планирования представляет собой совокупность интегрированных программных продуктов различных классов, используемых в промышленных предприятиях. Система класса ERP – часть цифровой платформы планирования холдинга.

В настоящем исследовании рассмотрен мелко-серийный и единичный тип производства. Для планирования, в первую очередь запасов и ТМЦ, такой тип производства определяется как инжиниринг под заказ или производство под заказ. Зачастую основная деятельность организована по проектному принципу, а система снабжения ТМЦ позаказная. В то же время возникают более интенсивные межфункциональные связи (в первую очередь инжиниринг-производственная цепочка), когда необходимо поддерживать единство и прослеживаемость данных для различных функций на всем жизненном цикле заказа (продажи,

инжиниринг, снабжение, производство, реализация, сервис, эксплуатация). Предложенная модель данных и подход к развитию данных планирования обеспечивают межфункциональную связь на основе данных, когда все функции, вовлеченные в выполнение заказа, работают с одними данными.

Для развития системы планирования автор рекомендует использовать компетенции плановиков и ИТ внутри холдинга на уровне управляющей компании и заводов. Это обеспечит сохранение знаний об устройстве системы сквозного планирования, соответствие цифровой платформы корпоративной культуре, постоянное совершенствование системы. Для решения узкоспециализированных задач могут быть привлечены сторонние организации.

В процессе изучения тенденций формирования данных для сквозного внутрифирменного планирования автором были выявлены и систематизированы направления развития данных для планирования при переходе на цифровую платформу. Разработанная в результате исследования модель предложена на рисунке 3.



Рисунок 3. Модель развития данных для планирования при переходе на цифровую платформу

Источник: разработано автором

Модель развития данных для планирования охватывает комплекс направлений для гармоничного развития. Это создает предпосылки для эволюционного перехода на цифровую платформу.

Цифровизация данных планирования – это непрерывный процесс создания единого информационного пространства, где данные становятся активным элементом планирования. Этот процесс является одно-

ременно и необходимым первым этапом, и постоянной основой для цифровизации самого планирования. Он предполагает не разовую «оцифровку» (простой перенос аналоговой информации в цифровую форму), а датацентричную трансформацию бизнес-процессов планирования.

Под нормализацией данных для планирования понимается процесс упорядочивания данных и приведения данных к единообразию. В целях управления и повышения качества данных автор адаптировал применительно к данным планирования стандарт качества данных ISO/IEC 25012:2008:

- адекватность – данные адекватны требованиям текущего уровня зрелости системы планирования, то есть обеспечивают формирование соответствующих планов;
- актуальность – данные точно представляют реальные значения, без погрешностей, негативно влияющих на процесс или результат планирования, с подходящей разрядностью и размерностью;
- полнота – есть все необходимые данные по количеству (записям), широте (разрезам, ассортиментам, типам, видам, группам), глубине (истории и горизонту);
- согласованность – данные согласованы между собой, без противоречий;
- чистота, данные корректные – соответствуют стандарту, руководству по стилю, то есть без синтаксических и семантических ошибок, некорректных сокращений, пропусков, а также нет лишних данных, таких как устаревших, неиспользуемых, дублей.

Под насыщением цифровой системы планирования данными понимается процесс переноса данных и работы с этими данными на цифровой платформе планирования. В рамках этого процесса для групп данных подбираются объекты информационной системы в соответствии с теми процессами, в рамках которых будут использоваться данные.

Данные планирования можно разделить на две категории. Во-первых, нормативно-справочная информация планирования (НСИП) – это условно неизменные данные, к ним, например, относят справочники единиц измерения, номенклатуры продукции, контрагентов, состав спецификаций, технологические маршруты, места хранения, транспортировочные и технологические маршруты и др. Во-вторых, оперативные – данные, возникающие в процессе планирования и исполнения планов, например, сами планы и данные фактического учета.

Для машиностроительных холдингов можно выделить шесть уровней зрелости НСИП: (1) нет единой НСИП; (2) проведен аудит, есть понимание текущего состояния, проблем и возможностей НСИП; (3) предприятия холдинга поддерживают НСИП; (4)

для НСИП есть регламенты, которые обеспечиваются системами заводов; (5) НСИП полная и единая в холдинге, системы заводов интегрированы с системой холдинга в части планирования; (6) НСИП в единой цифровой платформе планирования холдинга, где выполняются процессы планирования.

Результаты были апробированы в машиностроительных холдингах, объединяющих машиностроительные предприятия единичного и мелкосерийного типа производства. В таких сегментах как нефтегазохимическое и атомное машиностроение (реакторы, колонны, теплообменники), железнодорожное машиностроение (путевые машины, локомотивы), городской транспорт (троллейбус, трамвай, электробус), производство двигателей большой мощности. Получены качественные и количественные результаты применения предложенных подходов к работе с данными в рамках создания системы сквозного планирования.

Холдинг осуществляет полный производственный цикл – инжиниринг, производство, сервис и эксплуатацию. Цифровизация внутрихолдингового производственного планирования, в т. ч. формирование данных для планирования, направлена на решение следующих задач: внедрение процесса планирования продаж и операций; централизация функции обеспечения покупными ТМЦ; контроль соблюдения нормативов запасов; контроль дисциплины выпуска готовой товарной продукции.

В машиностроительном холдинге планирование было обеспечено офисным пакетом и разрозненными локальными системами класса ERP. Только 22% данных для планирования велись в информационных системах; 51% могли вестись, но не велись; а для ведения еще 27% была необходима доработка систем.

Препятствием для интеграции также явилась неравномерность цифровой зрелости данных для планирования в информационных системах различных заводов. Минимизация негативного влияния на длительность реализации развития планирования достигнута за счет установки такой последовательности итераций, в которой в первую очередь к цифровой платформе сквозного планирования подключаются заводы с более высокой оценкой уровня зрелости данных для планирования.

Отсутствие в существующих информационных системах данных для тактического планирования на уровне готовой продукции явилось возможностью для создания цифровой платформы сквозного планирования, начиная с уровня холдинга. Новая информационная система не конкурирует с функциональностью существующих систем, но переводит бизнес-процессы тактического планирования на новый уровень использования цифрового инструментария.

Результативность обеспечения данными для планирования на основе цифровой платформы сквозного планирования представлена в таблице 2.

Таблица 2. Показатели цифровой платформы системы планирования холдинга

Показатель в цифровой платформе планирования	Старт	Этап развития			Эксплуатация
	2019	2020	2021	2022	2023–2024
Пользователей, человек / доля, %	10 / 1	40 / 4	310 / 32	539 / 56	880 / 91
Количество вовлеченных функциональных вертикалей / общее количество вертикалей	1 / 30	6 / 30	6 / 30	7 / 30	7 / 30
Количество вовлеченных бизнес-единиц (предприятий в составе холдинга) / доля, %	1 / 7	10 / 67	16 / 80	19 / 90	18 / 86
Количество групп номенклатуры / доля, %	1 / 17	1 / 17	2 / 33	3 / 50	3 / 50
Тактические и оперативные планы, формируемые на цифровой платформе / доля, %	1 / 7	2 / 14	3 / 21	5 / 36	5 / 36
Количество групп динамических данных / доля, %	0 / 0	3 / 30	6 / 60	8 / 80	8 / 80

Источник: разработано автором

Количество групп номенклатуры изменяется в контуре сквозного планирования по мере развития параметров системы: готовая продукция для планирования продаж и операций; затем добавлены покупные ТМЦ для планирования обеспечения производства; межзаводская кооперация. На каждом следующем этапе количество записей в справочнике номенклатуры увеличивается примерно в 10 раз.

После развития и цифровизации данных планирования все заводы холдинга достигли равномерного и стабильно высокого уровня зрелости данных для планирования. Плановики осуществляют процессы планирования в специализированно программном обеспечении на базе 1С ERP. Это позволяет сократить потери на этапах работы с данными при планировании.

Совокупная длительность работы с данным в рамках процесса сквозного планирования сокращена с 4 дней до 8 часов. Такое изменение позволяет повысить частоту формирования прогнозов исполнения планов для принятия оперативных управленческих решений.

Справочники для планирования производства обеспечивают синхронизированное планирование нескольких заводов (от уровня управляющей компании до цехов, участков и бригад), конструкторских и технологических служб, снабжения ТМЦ. За три года дисциплина поставки готовой продукции клиенту увеличена с 51% до 92%.

Нормализация справочников между предприятиями, объединенными общим производственным циклом, позволяет синхронизировать процессы планирования, производства и логистики на между-

заводском уровне. Совокупный эффект отражается на повышении дисциплины сроков внутрихолдинговых поставок по кооперации до 98% и снижении запасов по всей цепи поставок более чем на 0,5 млрд руб.

Заключение

Проведенное исследование в российских холдингах различной продуктовой специализации показало, что потери при решении отдельных задач планирования составляют до 71% от общей трудоемкости планирования.

Автор содержательно обосновал итерационно-инкрементальный подход к формированию данных для обеспечения сквозного планирования в машиностроительных холдингах на цифровой платформе, который включает:

- определение последовательности итераций в разрезе уровней планирования, бизнес-единиц, функциональности планирования, интеграций информационных систем;
- определение содержания инкрементов, включая выявление бизнес-задачи, оценку ситуации, использование имеющихся и создание новых возможностей работы с данными, изменение бизнес-процессов с учетом использования нового ландшафта возможностей, фиксацию результата.

Отличием данного подхода является эволюционное гармоничное развитие данных для сквозного планирования с учётом уровней управления в холдинге от бизнес-единиц до управляющей компании в разрезе функциональных вертикалей.

Предложенный подход применим на различных этапах планирования:

- на этапе формирования системы и запуска процесса планирования как методика первичного наполнения системы сквозного планирования данными;
- на этапе эксплуатации системы сквозного планирования. Между циклами планирования как часть предплановых процедур гигиены данных планирования. В рамках цикла планирования как основа для правил, которыми должны руководствоваться участники процесса планирования при взаимодействии с данными планирования.

Результаты настоящего исследования имеют теоретическое значение для развития подходов к формированию данных в системах сквозного планирования производства, особенно в части специфики холдинговых структур:

- создание единой цифровой платформы сквозного планирования в условиях неравномерности цифровой зрелости и качества данных в разрезе бизнес-единиц и функциональных вертикалей холдинга;
- использование существующих возможностей быстрого точечного развития подпроцессов планирования, включая данные, для получения значимого для холдинга бизнес-результата;
- объединение на унифицированной платформе сквозного планирования на основе единых данных различных уровней организационных единиц (от управляющей компании до заводов, цехов, участков и рабочих центров) и функций холдинга (планирование и логистика, продажи, инжиниринг, производство и снабжение, сервис) по всему жизненному циклу заказа (от инжиниринга до производства, эксплуатации и утилизации) на различных уровнях управления (от стратегического и тактического до оперативного уровня и сбора факта об исполнении).

Апробация в машиностроительных холдингах,

включающих порядка 30 заводов, подтверждает обоснованность применения итерационно-инкрементального подхода формирования данных для систем сквозного планирования производства на цифровой платформе.

Разработанная модель развития данных для планирования характеризуется комплексностью и полнотой направлений, полезна руководителям функции планирования, исследователям и специалистам, ответственным за развитие планирования как на уровне холдинга, так и в отдельных бизнес-единицах, для рационального целеполагания в отношении модификации и эксплуатации системы сквозного планирования и используемых для этого данных. Модель может быть использована для формирования контура обследования, планов развития; методик и инструкций, в том числе как основа формирования локальных нормативных актов предприятий. Следует рассматривать и использовать модель для развития данных системы сквозного планирования не обособленно, а одновременно с другими элементами системы сквозного планирования.

Методически корректное формирование данных в системах сквозного планирования производства представляет собой детерминирующий фактор достижения прогнозируемых экономических и операционных результатов комплексных проектов оптимизации производственных цепочек.

Согласно обоснованному итерационно-инкрементальному подходу, развитие системы сквозного планирования обуславливает формирование открытых платформ данных для взаимодействия с внешними поставщиками и потребителями, а также развитие интеграции жизненного цикла продукта и производственной цепочки создания ценности. Решение этих вопросов требует дополнительного изучения, и позволит получить конкурентные преимущества предприятиям холдинга.

Литература

1. Баришполец В. А. Обоснование решений при сквозном планировании и управлении созданием сложных технических (человеко-машинных) систем // Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов. – 2010. – Т. 25, № 1(25). – С. 91–106. – EDN: VZFZTT.
2. Брагина А. В., Вертакова Ю. В., Евченко А. В. Развитие сквозных технологий планирования деятельности промышленного предприятия в условиях цифровизации экономики // Организатор производства. – 2020. – Т. 28, № 1. – С. 24–36. – EDN: NAERLQ.
3. Бушуева Л. И., Афанасьев В. Б. Управление цифровой трансформацией процесса планирования продаж и операций в организации // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2024. – Т. 4, № 1. – С. 53–64. – <https://doi.org/10.34130/2070-4992-2024-4-1-53>. – EDN: RXXGEO.
4. Варфоломеева В. А., Архипова И. И. Влияние цифровизации на управление высокотехнологичными предприятиями машиностроения // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2022. – Т. 2, № 4(124). – С. 145–150. – <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2022.04.02.017>. – EDN: OOFAIE.

5. Взаимосвязь скрытых потерь с инструментами бережливого производства / В. А. Смирнов [и др.] // Компетентность. – 2013. – № 2(103). – С. 36–39. – EDN: PXVJRJ.
6. Гастев А. К. Как надо работать. Практическое введение в науку организации труда. – М.: Экономика, 1922. – 46 с.
7. Евченко А. В., Есенкова Г. А., Демченко А. А. Совершенствование методики и инструментария сквозного планирования функционирования и развития предприятия промышленности в условиях цифровой экономики // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2019. – Т. 9, № 6(35). – С. 115–125. – EDN: DNYPOD.
8. Зеневич А. М., Пунчик З. В. Датацентричность как тренд развития корпоративных информационных систем // Эколого-экономические и технологические аспекты устойчивого развития Республики Беларусь и Российской Федерации. Сборник статей III Международной научно-технической конференции: в 3 т., Минск, 03 декабря 2020 года. – Минск, 2021. – Т. 3, С. 179–182. – EDN: KWUVZA.
9. Сухомлинов А. И. Архитектура информационной системы оперативного планирования в промышленности, основанного на производственных знаниях // Синергия науки и практики в контексте инновационных прорывов в развитии экономики и общества: национальный и международные аспекты. Сборник научных статей по итогам Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 09–10 декабря 2019 года. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 93–96. – EDN: ZYXQFQ.
10. Фомин С. Г., Ермакова Ж. А. Цифровизация системы планирования на предприятиях машиностроения: результаты, проблемы, перспективы // *π-Economy*. – 2024. – Т. 17, № 5. – С. 9–31. – <https://doi.org/10.18721/je.17501>. – EDN: LOYOAM.
11. Фомин С. Г., Ермакова Ж. А. Модернизация системы внутрифирменного производственного планирования на предприятиях // Вестник Академии. – 2024. – № 4. – С. 87–98. – <https://doi.org/10.51409/v.a.2024.12.01.008>. – EDN: LDSCQA.
12. Ханкарова М. С., Хлебников К. В. Цифровизация деятельности предприятий нефтегазового сектора // МИЛЛИОНЩИКОВ-2023: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Грозный, 30–31 мая 2023 года. – Грозный, 2023. – С. 567–572. – <https://doi.org/10.26200/GSTOU.2023.52.10.108>. – EDN: THRUFI.
13. Clancy R., O’Sullivan D., Bruton K. (2023) Data-driven quality improvement approach to reducing waste in manufacturing. *The TQM Journal*. Vol. 35. No. 1, pp. 51–72. – <https://doi.org/10.1108/tqm-02-2021-0061>. (In Eng.).
14. Clancy R., et. al. (2020) Systematic Mapping Study of Digitization and Analysis of Manufacturing Data. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*. Vol. 14. No. 9, pp. 717–731. (In Eng.).
15. Eriksson K. M., Carlsson L., Olsson A. K. (2022) To digitalize or not? Navigating and merging human- and technology perspectives in production planning and control. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 122. No. 8, pp. 4365–4373. – <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09874-x>. (In Eng.).
16. Jin T., et al. (2024) A Business-Model-Driven Approach to Task-Planning Knowledge Graph Construction. *Applied Sciences*. Vol. 14. No. 23, pp. 11090. – <https://doi.org/10.3390/app142311090>. (In Eng.).
17. Orlicky J. (1975) Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management. New York: McGraw-Hill, 292 p. (In Eng.).
18. Resman M., et al. (2021). A Five-Step Approach to Planning Data-Driven Digital Twins for Discrete Manufacturing Systems. *Applied Sciences*. Vol. 11. No. 8, pp. 3639. – <https://doi.org/10.3390/app11083639>. (In Eng.).
19. Thun S., Bakås O., & Storholmen T. C. B. (2022) Development and implementation processes of digitalization in engineer-to-order manufacturing: enablers and barriers. *AI & Society*. Vol. 37. No. 2, pp. 725–743. – <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01174-4>. (In Eng.).
20. Wagner S., et al. (2023) From framework to industrial implementation: the digital twin in process planning. *Journal of Intelligent Manufacturing*. Vol. 35. No. 8, pp. 3793–3813. – <https://doi.org/10.1007/s10845-023-02268-0>. (In Eng.).
21. Wallace T. F. (2004) Sales and Operations Planning: The How-To Handbook. Ohio: T.F.Wallace & Company, 266 p. (In Eng.).
22. Wight O. (1981) MRP II: Unlocking America’s Productivity Potential. Boston: CBI Publishing Co., 555 p. (In Eng.).

References

1. Barishpolec, V. A. (2010) [Justification of decisions in end-to-end planning and management of the creation of complex technical (human-machine) systems]. *Modelirovanie, dekompozitsiya i optimizatsiya slozhnykh dinamicheskikh*

protsesov [Modeling, Decomposition and Optimization of Complex Dynamic Processes]. Vol. 25. No. 1(25), pp. 91–106. (In Russ.).

2. Bragina, A. V., Vertakova, Yu. V., Evchenko, A. V. (2020) [Development of end-to-end planning technologies for industrial enterprises in the context of the digital economy]. *Organizator proizvodstva* [Production Organizer]. Vol. 28. No. 1, pp. 24–36. (In Russ.).

3. Bushueva, L. I., Afanasyev, V. B. (2024) [Management of digital transformation of the sales and operations planning process in an organization]. *Korporativnoe upravlenie i innovatsionnoe razvitiye ekonomiki Severa: Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo tsentra korporativnogo prava, upravleniya i venchurnogo investirovaniya Syktyvskarskogo Gosudarstvennogo Universiteta* [Corporate Governance and Innovative Development of the Northern Economy: Bulletin of the Research Center for Corporate Law, Governance and Venture Investment of Syktyvkar State University]. Vol. 4. No. 1, pp. 53–64. – <https://doi.org/10.34130/2070-4992-2024-4-1-53>. (In Russ.).

4. Varfolomeyeva, V. A., Arkhipova, I. I. (2022) [The impact of digitalization on the management of high-tech enterprises in mechanical engineering]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya* [Economics and Management: Problems, Solutions]. Vol. 2 No. 4(124), pp. 145–150. – <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2022.04.02.017>. (In Russ.).

5. Smirnov, V. A. et al. (2013) [Relationship of hidden losses with lean production tools]. *Kompetentnost'* [Competence]. Vol. 2(103), pp. 36–39. (In Russ.).

6. Gastev, A. K. (1922) *Kak nado rabotat'*. *Prakticheskoe vvedenie v nauku organizatsii truda* [How to work. Practical Introduction to the Science of Labor Organization]. Moscow: Economics, 46 p. (In Russ.).

7. Evchenko, A. V., Esenkova, G. A., Demchenko, A. A. (2019) [Improvement of methods and tools for end-to-end planning of the functioning and development of an industrial enterprise in the context of the digital economy]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment* [Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics. Sociology. Management]. Vol. 9. No. 6(35), pp. 115–125. (In Russ.).

8. Zenevich, A. M., Punchik, Z. V. (2021) [Data-centricity as a trend in the development of corporate information systems]. *Ekologo-ekonomicheskie i tekhnologicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya Respubliki Belarus' i Rossiyskoy Federatsii: Sbornik statey III Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Ecological, Economic and Technological Aspects of Sustainable Development of the Republic of Belarus and the Russian Federation: Proceedings of the III International Scientific and Technical Conference]. Minsk, Vol. 3, pp. 179–182. (In Russ.).

9. Sukhomlinov, A. I. (2019) [Architecture of an information system for operational planning in industry based on production knowledge]. *Sinergiya nauki i praktiki v kontekste innovatsionnykh proryvov v razvitiye ekonomiki i obshchestva: natsional'nyye i mezhdunarodnye aspekty* [Synergy of Science and Practice in the Context of Innovative Breakthroughs in Economic and Social Development: National and International Aspects]. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Saint Petersburg, December 09–10, 2019. St. Petersburg, pp. 93–96. (In Russ.).

10. Fomin, S. G., Ermakova, Zh. A. (2024) [Digitalization of the planning system at machine-building enterprises: results, problems, prospects]. *π-Economy* [π-Economy]. Vol. 17. No. 5, pp. 9–31. – <https://doi.org/10.18721/je.17501>. (In Russ.).

11. Fomin, S. G., Ermakova, Zh. A. (2024) [Modernization of the in-house production planning system at enterprises]. *Vestnik Akademii* [Academy Bulletin]. No. 4, pp. 87–98. – <https://doi.org/10.51409/v.a.2024.12.01.008>. (In Russ.).

12. Khankarova, M. S., Khlebnikov, K. V. (2023) [Digitalization of enterprises in the oil and gas sector]. *MILLIONSCHIKOV-2023* [MILLIONSCHIKOV-2023]. Materials of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists with International Participation, Grozny, May 30–31, 2023. Grozny, pp. 567–572. – <https://doi.org/10.26200/GSTOU.2023.52.10.108>. (In Russ.).

13. Clancy, R., O'Sullivan, D., Bruton, K. (2023) Data-driven quality improvement approach to reducing waste in manufacturing. *The TQM Journal*. Vol. 35. No. 1. pp. 51–72. – <https://doi.org/10.1108/tqm-02-2021-0061>. (In Eng.).

14. Clancy, R., et. al. (2020) Systematic Mapping Study of Digitization and Analysis of Manufacturing Data. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*. Vol. 14. No. 9. pp. 717–731. (In Eng.).

15. Eriksson, K. M., Carlsson, L., Olsson, A. K. (2022) To digitalize or not? Navigating and merging human- and technology perspectives in production planning and control. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 122. No. 8, pp. 4365–4373. – <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09874-x>. (In Eng.).

16. Jin, T., et al. (2024) A Business-Model-Driven Approach to Task-Planning Knowledge Graph Construction. *Applied Sciences*. Vol. 14. No. 23, pp. 11090. – <https://doi.org/10.3390/app142311090>. (In Eng.).

17. Orlicky, J. (1975) *Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*. New York: McGraw-Hill, 292 p. (In Eng.).

18. Resman, M., et al. (2021) A Five-Step Approach to Planning Data-Driven Digital Twins for Discrete Manufacturing Systems. *Applied Sciences*. Vol. 11. No. 8, pp. 3639. – <https://doi.org/10.3390/app11083639>. (In Eng.).
19. Thun, S., Bakås, O., Storholmen, T. C. B. (2022) Development and implementation processes of digitalization in engineer-to-order manufacturing: enablers and barriers. *AI & Society*. Vol. 37. No. 2, pp. 725–743. – <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01174-4>. (In Eng.).
20. Wagner, S., et al. (2023) From framework to industrial implementation: the digital twin in process planning. *Journal of Intelligent Manufacturing*. Vol. 35. No. 8, pp. 3793–3813. – <https://doi.org/10.1007/s10845-023-02268-0>. (In Eng.).
21. Wallace, T. F. (2004) *Sales and Operations Planning: The How-To Handbook*. Ohio: T.F. Wallace & Company, 266 p. (In Eng.).
22. Wight, O. (1981) *MRP II: Unlocking America's Productivity Potential*. Boston: CBI Publishing Co., 555 p. (In Eng.).

Информация об авторе:

Семен Григорьевич Фомин, соискатель, Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

ORCID iD: 0009-0008-7462-850X

e-mail: semafor@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 21.07.2025; принята в печать: 30.09.2025.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Semyon Grigorievich Fomin, PhD candidate, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

ORCID iD: 0009-0008-7462-850X

e-mail: semafor@gmail.com

The paper was submitted: 21.07.2025.

Accepted for publication: 30.09.2025.

The author has read and approved the final manuscript.