

## RECOGNITION AND ASSESSMENT OF THE LOCATION OF OBJECT USING NEURAL NETWORKS

S.A. GULYAEV, Postgraduate, M.V. TARACHKOV, Cand. Sc.,  
O.V.TOLSTEL, Cand. Sc., A.E.SHIRKIN, Lecturer

Immanuel Kant Baltic Federal University,  
14, Alexander Nevsky str., Kaliningrad, 236041, e-mail: shirkin39@mail.ru

A practical basis for the implementation of 3D position assessment has been developed. The first part of the article analyzes the minimarket automation system that uses YOLOv8 to recognize products. In the second part, methods of object recognition and segmentation are investigated: the use of YOLOv8 models for object recognition and U-Net for semantic segmentation of 3D models. It is concluded that these works are components for solving the problem of 3D position estimation and represent an overview of solutions to several small problems using neural networks.

*Keywords:* neural networks, YOLOv8, U-Net, object recognition, localization, image segmentation, automation, minimarket, detection.

Поступила в редакцию/received: 30.01.2025; после рецензирования/revised: 05.02.2025;  
принята/accepted: 10.02.2025

УДК 65.011.5

## МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

С.В. РЕПИН, асп., С.А. ТЯСТО, канд. техн. наук

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,  
127055, Москва, пер. Вадковский, 3А, e-mail: s.tyasto@stankin.ru

© Репин С.В., Тясто С.А., 2025

Рассмотрена функциональная модель процесса оптимизации технологического процесса. Выделены основные характеристики подпроцессов. Описаны алгоритм решения задач оптимизации структуры работ в технологическом процессе, метод оптимального планирования.

*Ключевые слова:* управление технологическими процессами, оптимизация, функциональная модель, алгоритм поиска, дерево метода Монте-Карло.

**DOI: 10.46573/2658-5030-2025-2-77-86**

### ВВЕДЕНИЕ

По мере развития организаций и их структуры перед руководителями возникает множество новых задач, которые необходимо решать. Одной из таких задач может быть эффективная организация процессов внутри технологического процесса.

При формировании действенного технологического процесса необходимо учитывать и организовывать вложенные технологические процессы, некоторые части

которых могут быть выполнены в каких-то других отделах предприятия либо на территории других компаний. Возникает необходимость в распределении отдельных действий внутри предприятий, университетов, заводов и пр. Для таких объектов должны учитываться собственные задачи при осуществлении процессов организации и планирования.

В управлении технологическими процессами также могут находить применение различные системы, большинство из которых не имеет встроенной поддержки для реализации автоматического планирования работ в технологическом процессе. Требуется такой программный продукт, который легко можно внедрить в уже существующую глобальную информационную систему предприятия. Следовательно, должен стать более прозрачным и удобным электронный документооборот между различными отделами внутри одной компании, при взаимодействии с другими предприятиями, на которых выполняется какая-то часть общего технологического процесса. Используя такое программное средство, компании смогут достигнуть желаемых показателей эффективности при организации планирования существующих технологических процессов.

Должна увеличиться скорость выполнения полного планирования технологического процесса при внесении изменений в определенные его части. Таким образом повысится производительность, а затраты на реализацию трудоемкого ручного процесса уменьшатся.

В рамках организации должен быть облегчен процесс осуществления управленческой деятельности, а также взаимодействия между различными отделами, которые могут участвовать в реализации отдельных задач в технологическом процессе.

Наличие возможности выполнить процесс по наглядному анализу текущего состояния технологического процесса в сопоставлении с исходным предоставит сотрудникам, которые задействованы в процессе управления технологическими процессами, и руководителям вариант внесения дополнительных правок в структуру технологического процесса в режиме реального времени.

### **МЕТОД И АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО КВАЗИОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ**

В большинстве версий программных продуктов, с помощью которых управляют технологическими процессами и которые поставляют на рынок, отсутствует функционал, который давал бы возможность произвести процесс автоматического квазиоптимального планирования работ в вышеназванных процессах.

Под оптимизацией понимается максимизация выгодных характеристик и одновременное уменьшение расходов. До ее начала необходимо задать критерии оптимальности, т. е. параметры, которые могут оказывать влияние во время осуществления поставленного процесса, а также изменения, с помощью которых можно воздействовать на эффективность этого процесса. Нужно также проанализировать технологический процесс и составить математическую модель процесса, который следует улучшить.

Были реализованы проектирование и разработка функциональных моделей процесса оптимизации технологического процесса (рис. 1).

Функционирование системы автоматического квазиоптимального планирования работ в технологическом процессе может быть разбито на четыре функциональных блока:

- 1) создание технологического процесса в электронном виде;
- 2) конвертирование данного процесса в требуемый вид;

*Вестник Тверского государственного технического университета.  
Серия «Технические науки». № 2 (26), 2025*

- 3) валидация работ;
- 4) оптимизация работ (рис. 2).

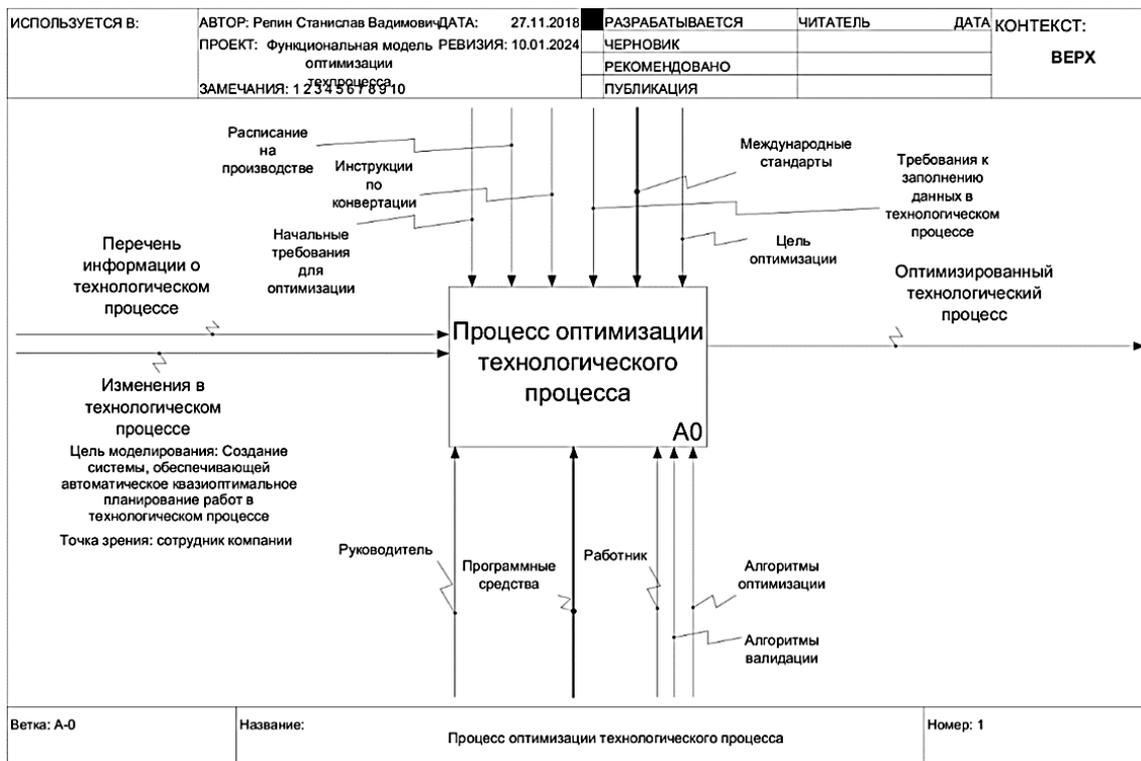


Рис. 1. Контекстная диаграмма

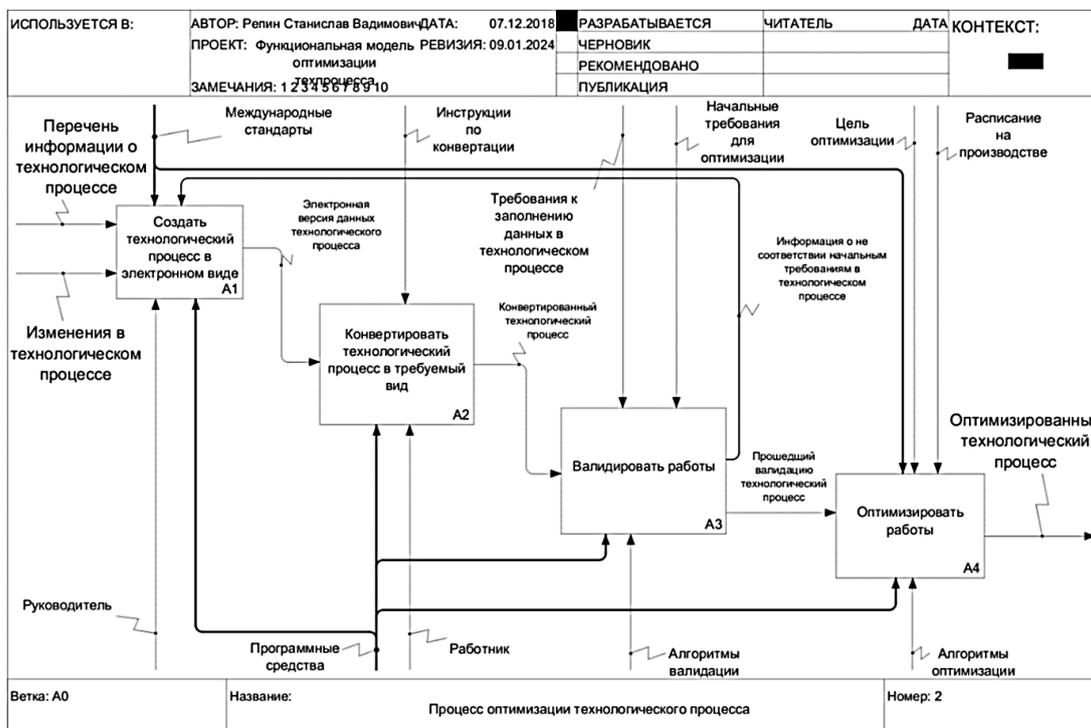


Рис. 2. Диаграмма процессов системы автоматического квазиоптимального планирования работ в технологическом процессе

Блок оптимизирования работ состоит из трех этапов (рис. 3):

- 1) проверки технологического процесса,
- 2) обработки этого процесса,
- 3) перевода технологического процесса в требуемый вид.

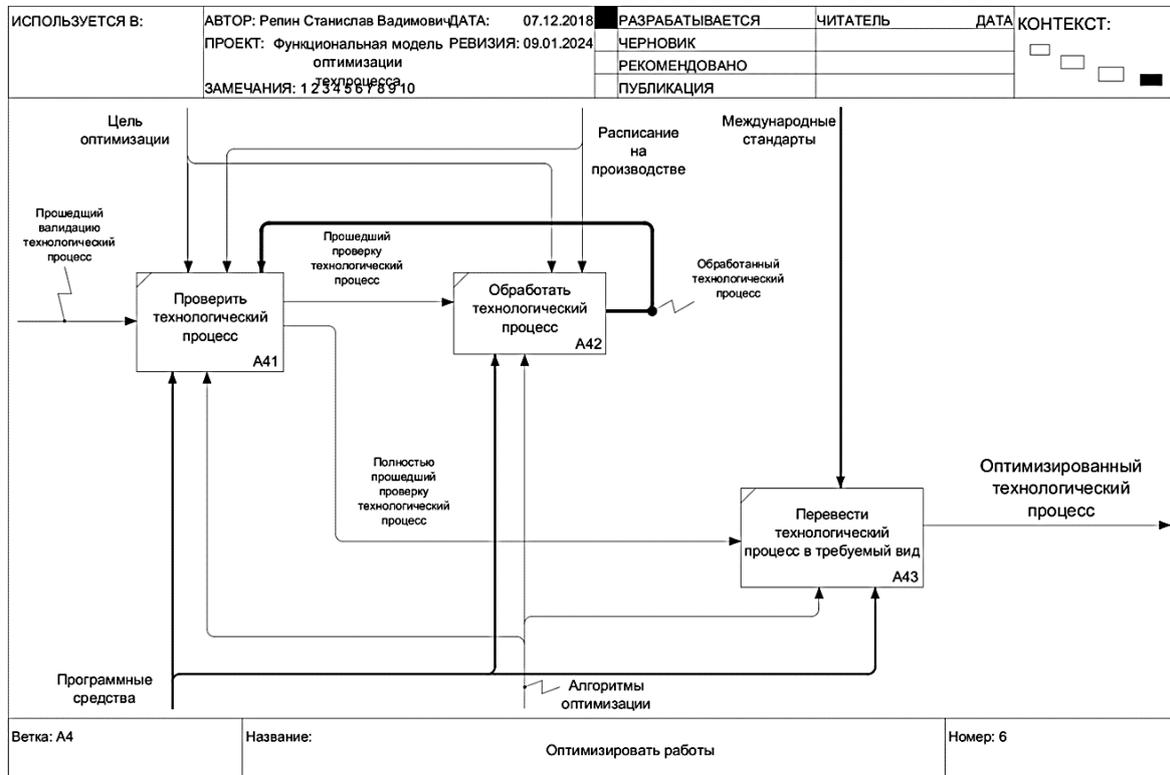


Рис. 3. Диаграмма процессов блока «Оптимизировать работы»

Технологические процессы предназначены для реализации конкретного и четко установленного класса задач, поэтому итоги функционирования этих процессов могут быть оценены с помощью параметров, которые нужно отобрать с учетом степени достижения цели, которая поставлена перед процессом. Эффективность управления может быть определена с помощью корректного отбора и обоснования данных характеристик [1].

Многочисленность показателей, с помощью которых оценивают комплексные системы, служит отличительным свойством таких систем. В основном может производиться уменьшение количества частных учитываемых параметров либо задействоваться косвенные, применять которые можно вместо некоторого числа частных.

Способами снижения количества учитываемых частных характеристик эффективности являются поиск какой-либо обобщенной функции, а также задействование ее для реализации особенностей итогов работы комплексной технической системы. Решение задачи управления процессом становится более простым, если рассматривать единственную, обобщенную характеристику результативности, с помощью которой производится количественная оценка каждого из условий и требований, предъявляемых к итогам функционирования процесса.

В большинстве практических ситуаций поиск данных обобщенных значений не может осуществляться формальными математическими методами и является творческой задачей выбора наилучшего показателя для подведения итогов выполнения технологического процесса. Создание обобщенной характеристики качества выпол-

нения процесса может быть упрощено только тогда, когда существует функциональная связь между частными критериями  $F_1(x), \dots, F_m(x)$ , учитывая которую возможно установить математическую функцию  $F(x) = F[F_1(x), \dots, F_m(x)]$ .

Оптимизация технологического процесса должна происходить с учетом деятельности всех представителей разных его направлений. Обычно есть возможность приглашать независимых специалистов, которые не связаны с продвижением какого-то конкретного мнения во время оптимизации [2].

Осуществление моделирования и оптимизации технологических процессов может помочь в достижении следующих целей:

1. Расширения ассортимента формируемой продукции.
2. Увеличения объемов производства.
3. Уменьшения себестоимости при формировании изделий.
4. Выполнения требований экологов и инвесторов.
5. Повышения качества формируемой продукции.
6. Исключения процессов и объектов, из-за которых происходит снижение рентабельности.

Модернизация должна происходить постоянно, так как при единовременном выполнении данного процесса возникшие проблемы могут быть сняты только на какой-то определенный отрезок времени. Непрерывное увеличение заработной платы сотрудников и цен на сырье, устаревание оборудования вызывают уменьшение значений показателей рентабельности.

Рациональность применения различных алгоритмов для оптимального управления может быть оценена только с учетом полученных итогов снятия каких-либо реальных задач. Формирование новых методов оправдано при условии, что они будут эффективны во время применения в значительном количестве практических ситуаций, которые затрудняют использование известных существующих поисковых процедур.

Оптимальное решение какого-то процесса может быть отображено решением, которое является по сравнению с прочими потенциальными решениями наиболее приемлемым для выполняемой задачи из-за определенных свойств.

С точки зрения математики вопросы, в которых из ряда разнообразных итогов вычисления выбирается единственное, которое должно будет служить отображением наиболее подходящего варианта, представляют собой задачи нахождения в определенной многомерной области  $D$  возможных значений точки  $M(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ . В этой области сформированная функция  $f(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ , с помощью которой показывают цель, к которой стремятся при выполнении технологического процесса, принимает наибольшее значение из возможных.

Посредством задействования системы ограничений отображают область с допустимыми значениями:

$$\begin{cases} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0; \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0; \\ \dots \\ f_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0. \end{cases}$$

Любой элемент  $M(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , который располагается в этой области и для которого имеются координаты, обязательно входящие в допустимые показатели системы, отображает потенциальное решение задачи или план. Для формирования такого решения необходимо найти какую-либо точку, с помощью которой может быть получено минимальное или максимальное значение целевой функции с учетом установленной цели оптимизации технологического процесса [3].

Принимая во внимание нелинейность и линейность какой-либо функции цели, а также набор ограничений, можно отразить задачи осуществления оптимального процесса планирования с нелинейной или линейной функцией, а также нелинейным или линейным набором ограничений.

Множество проблем в управлении и экономике производства относится к реализации задач об оптимальном планировании. На данный момент накоплено большое количество опыта, связанного с реализацией указанных задач, а также сформированы методы решения данных задач посредством применения прочих дисциплин.

Задачи об оптимальном планировании включают в себя экстремальные задачи, которые уже содержатся в математике. Уникальной особенностью является то, что при поиске решения этих задач задействуется многомерность области, которая может быть представлена сложным типом формы.

Изредка связанная кусочно-гладкая гиперповерхность может служить пределом области возможных решений. С помощью следующего предиката можно установить принадлежность точки к определенной области:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = (f_1 \geq 0) \wedge (f_2 \geq 0) \wedge \dots \wedge (f_n \geq 0) = \bigwedge_{i=1}^n (f_i \geq 0).$$

Задействуя R-конъюнкцию  $x \wedge \alpha y$  вместо расположенного выше предиката, можно применить одно неравенство:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = (\dots (f_1 \wedge \alpha f_2) \wedge \alpha \dots) \wedge \alpha f_n \geq 0.$$

Посредством семейства гиперповерхностей, которые могут быть заданы уравнением  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c$ , при  $c = 0$  может быть отображено расположение этих семейств в пределах области возможных решений; при  $c < 0$  в них будет включена данная область, а при  $c > 0$  они будут располагаться в пределах данной области.

В процессе поиска решения задачи об оптимальном планировании должен быть произведен поиск такой точки, с помощью которой можно было бы представить наибольший или наименьший показатель у целевой функции, в данной области, которая может быть отображена неравенством. Уравнение  $Z(x_1, x_2, \dots, x_n) = c = \text{const}$  представляет собой уравнение семейства гиперповерхностей уровня целевой функции  $Z = Z(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . У данного семейства может быть сформировано различное положение относительно определенной области, следовательно, для точки, которая отображает оптимальный вариант решения, может быть получено расположение на границе данной области или внутри нее. В данных типах задач может быть выделено бесконечное множество вариантов решения. С помощью анализа отдельных областей можно выделить точки локального экстремума, для которых выполняется неравенство

$$Z(x_1, x_2, \dots, x_n) > Z(x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, \dots, x_n^{(i)}).$$

Таким образом, для задачи об оптимальном планировании могут быть найдены некоторые локальные экстремумы на границах области и внутри нее.

В качестве метода Монте-Карло может приниматься совокупность численных методов, которые базируются на получении множества реализаций стохастического процесса, разрабатываемого таким образом, чтобы его вероятностные показатели совпадали с подобными значениями в решаемой задаче.

В ходе развития данных методов появился алгоритм осуществления поиска по дереву методом Монте-Карло, который эффективен при решении задач нахождения оптимального хода в различных играх. Потенциальные перемещения могут быть

отображены посредством формирования дерева поиска. При этом для произведения процесса оценки долгосрочных возможностей по всем перемещениям реализуется множество случайных симуляций. При функционировании данного метода осуществляется множественная генерация моделей потенциальных итогов. При обыгрывании данных моделей все параметры, характеризующиеся неопределенностью, могут быть замещены областью значений случайных показателей, которые будут соответствовать условиям поставленной задачи. Затем может быть произведено многократное вычисление итогов. Во время выполнения последующих итераций должна быть сформирована случайная величина, а потом еще раз необходимо выполнить моделирование ситуации.

Посредством описанного подхода может быть осуществлено множественное воспроизведение конкретной ситуации, которое в реальной жизни не может быть выполнено и благодаря которому вероятность становится уже относительно детерминированной, а также происходит формирование обстановки, отображающей усредненное положение дел, а такую обстановку возможно предсказать. В связи с тем, что данная ситуация будет предсказуемой, можно будет вычислить ее числовые показатели. Отметим, что для получения возможности формирования приближенного результата с какой-то установленной точностью необходимо выполнить достаточное количество испытаний [4].

Могут быть отображены следующие основные шаги осуществления вышеназванного алгоритма:

1. Определение области применения случайных показателей в рамках задачи.
2. Выполнение разыгрывания случайной величины и дальнейшее ее применение в расчетах задачи.
3. Множественное повторение вычислений задачи, а также сохранение итогов.
4. Производство процесса оценки сформированного решения.

Чтобы разнообразить игры, при формировании описания функционирования искусственного интеллекта этим методом стали пользоваться много лет назад. Цель этого алгоритма может состоять в отборе наиболее выигрышного варианта развития ситуации. Дерево может быть отображено в виде структуры, в которой, кроме указателей и хода, представлено число выигранных и произведенных партий. Данный показатель в этом методе используется при выборе очередного шага [5].

До задействования различных методов поиска оптимального варианта решения для установленной модели должна быть выбрана руководящими лицами некоторая целевая функция, с помощью которой можно было бы отобразить цель, выполнение которой произойдет с помощью оптимизации технологического процесса [6].

Могут быть выделены следующие возможные критерии оптимальности, или варианты целевых функций, относящиеся к осуществлению процесса оптимального планирования технологического процесса:

1. Минимизация длительности оптимизируемого технологического процесса.
2. Сокращение затрат производственных ресурсов.
3. Минимизация продолжительности критического пути оптимизируемого проекта.
4. Максимизация использования существующих ресурсов в технологическом процессе.
5. Максимизация прибыли.

Был разработан алгоритм эффективного планирования работ в технологических процессах, учитывающий требования пользователей (рис. 4).

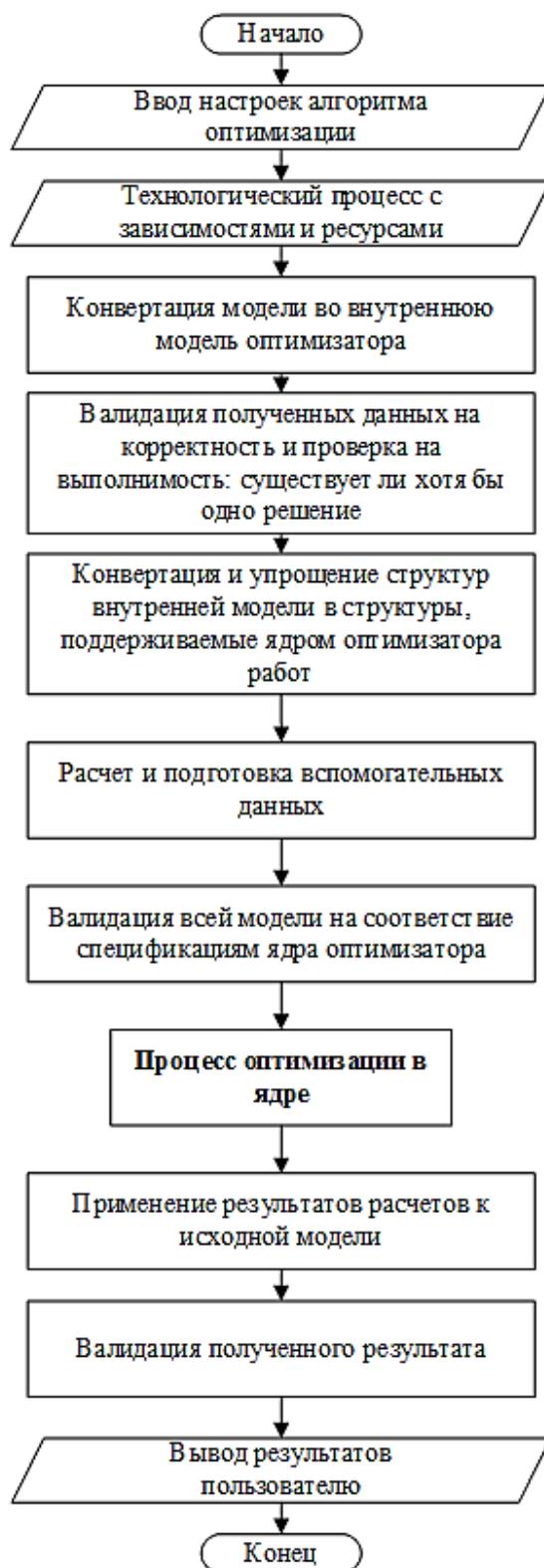


Рис. 4. Алгоритм эффективного планирования работ в технологическом процессе

Был сформирован, помимо этого, алгоритм, в котором представлено описание функционирования предполагаемого ядра будущей системы автоматического квазиоптимального планирования работ в указанном процессе (рис. 5). Во время оптимизации будет задействован усовершенствованный метод Монте-Карло для

осуществления поиска по дереву, т. е. этот метод был настроен для реализации задач в сфере управления технологическими процессами. После применения этого алгоритма в системе сформируется модифицированная структура работ в рамках технологических процессов, в которой учтут разнообразные использованные ресурсы и связи. Как целевая функция будет задействовано уменьшение длительности выполнения всего технологического процесса. Чтобы впоследствии пользователи могли быстро и беспрепятственно изучать итоги, а также выполнять какую-либо корректировку текущего положения дел, нужно предоставлять доступ к системе, в которой можно показывать данные графически, с помощью диаграммы Ганта (этот подход представляет собой один из наиболее распространенных вариантов, а также позволяет сделать более легкой работу с системой).

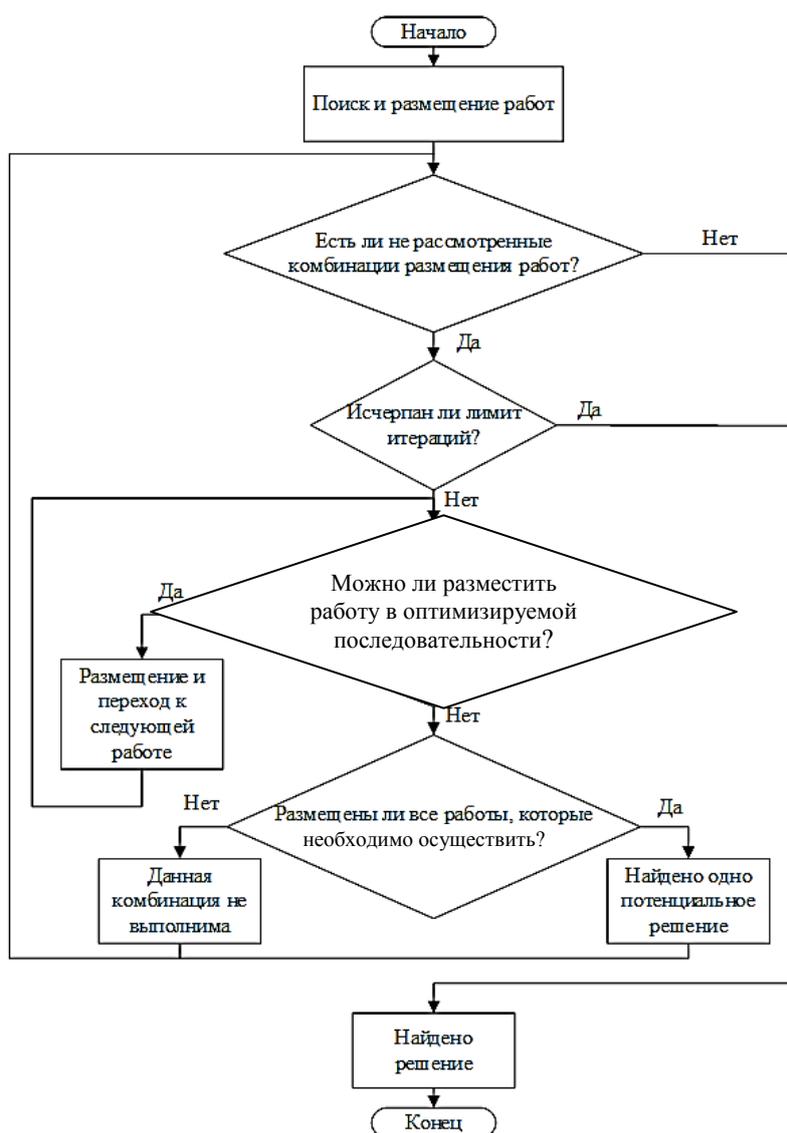


Рис. 5. Алгоритм осуществления поиска квазиоптимального решения

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологические процессы рассмотрели через призму управления проектами. В качестве основного программного продукта, с которым взаимодействует разработанное программное средство, выбрали отечественную разработку «Т-FLEX Управление

проектами». Данная система может быть использована для решения задач электронного документооборота; имеет удобный функционал, облегчающий управление проектами, а также предоставляет возможность расширения через подключение каких-либо собственных приложений. Указано, что в ходе взаимодействия сформированного программного средства с исходным технологическим процессом в виде проекта в данной системе выполняется поиск квазиоптимального решения, после чего полученные результаты могут быть применены к исходной модели и изменения внесены в исходную структуру данных технологического процесса. Использование программного средства при осуществлении тестового технологического процесса позволило на 66,7 % сократить время его выполнения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сдвижков О.А. Практикум по методам оптимизации: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2015. 198 с.
2. Мастяева И.Н., Горемыкина Г.И., Семенихина О.Н. Методы оптимальных решений: учебник. М.: ИНФРА-М, 2016. 379 с.
3. Зойтендейк Г. Методы возможных направлений / пер. с англ. С.М. Мовшовича; под ред. Д.Б. Юдина. М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. 176 с.
4. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. М.: Наука, 1968. 64 с.
5. Жданов А.А. Автономный искусственный интеллект. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 359 с.
6. Альтшуллер Г.С. Найти идею: введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач. 4-е изд. М.: Альпина Паблишерз, 2011. 399 с.

**Для цитирования:** Репин С.В., Тясто С.А. Метод оптимального планирования технологических процессов // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2025. № 2 (26). С. 77–86.

#### TECHNOLOGICAL PROCESSES OPTIMAL PLANNING METHOD

S.V. REPIN, Postgraduate, S.A. TYASTO, Cand. Sc.

Moscow State University of Technology «STANKIN»,  
3A, Vadkovsky lane, Moscow, 127055, e-mail: s.tyasto@stankin.ru

A functional model of the process optimization process is considered. The main characteristics of the subprocesses are highlighted. The algorithm for solving problems of optimizing the structure of work in the technological process and the method of optimal planning are described.

*Keywords:* process control, optimization in process control, functional model, Monte Carlo Tree Search algorithm.

Поступила в редакцию/received: 08.02.2025; после рецензирования/revision: 09.02.2025;  
принята/accepted: 17.02.2025