

УДК 658.5.011

## РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА

© 2017 Н.В. Алистарова, Д.Ю. Иванов, В.В. Морозов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

Статья поступила в редакцию 25.04.2017

В данной статье рассматривается методика применения средств управления проектами для анализа машиностроительного производства, построены модели производственных процессов.

**Ключевые слова:** производство, моделирование, технологический процесс.

### ВВЕДЕНИЕ

Современные подходы к управлению производством промышленного предприятия предполагают системный и функциональный анализ, направленный на рациональное осуществление производственных процессов и эффективное функционирование предприятия как производственной системы. Проведение функционального анализа производственных процессов необходимо для построения адекватной модели функционирования предприятия и реализации оперативного и стратегического управления. Оперативное управление процессом предполагает наличие управляющего процессом – специально выделенного должностного лица, отвечающего за процесс с момента его начала до завершения процесса, связанного с выполнением основных и вспомогательных функций и достижением наблюдаемого, управляемого и запланированного результата. Стратегическое управление предполагает изменение функциональной модели с целью структурирования или реструктуризации процессов методами реинжиниринга (быстрого изменения инфраструктуры, методов и способов управления) и постоянного улучшения (постепенный переход к целевой модели с системными изменениями на всех уровнях) [1].

Функциональная модель предприятия создается с целью оценки управляемости производственной системы, а также оценки рисков и вероятности выполнения производственного плана, который в условиях рыночной экономики является не детерминированным с точки

зрения как объемов выпуска отдельных видов продукции, так и общей производственной номенклатуры предприятия.

В настоящее время автокомпонентные предприятия имеют два основных рынка сбыта – рынок производителей автомобилей и рынок автозапчастей. Оба этих рынка обладают одной характерной особенностью – колебаниями спроса, вызванными сезонностью, высоким уровнем конкуренции автомобильной техники, а также наличием системы дублирования поставщиков одного изделия и создаваемой за счет этого искусственной конкурентной средой.

Помимо колебаний спроса, еще одним фактором эффективности функционирования предприятия является соответствие его производственной системы требованиям, накладываемым международными стандартами (в автомобильной отрасли – ISO/TS 16949), государственными стандартами безопасности, качества, а также специальными требованиями автопроизводителей, которые определяют конкретные инструменты, применяющиеся для повышения эффективности производственной системы.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Описанные выше ограничения требуют от автокомпонентных предприятий применения принципов управления проектами, а так же системного и функционального анализа процессов. Под проектом, в данном случае, понимается совокупность мероприятий, направленных на реализацию производства и продаж одного типа (вида) продукта с заранее заданной рынком ценой в течение определенного времени.

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 приведена укрупненная функциональная модель процесса управления проектом,

Алистарова Нина Владимировна, аспирант, ассистент.  
E-mail: nin\_a\_lis@mail.ru

Иванов Дмитрий Юрьевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой организации производства. E-mail: ssau\_ivanov@mail.ru

Морозов Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности.

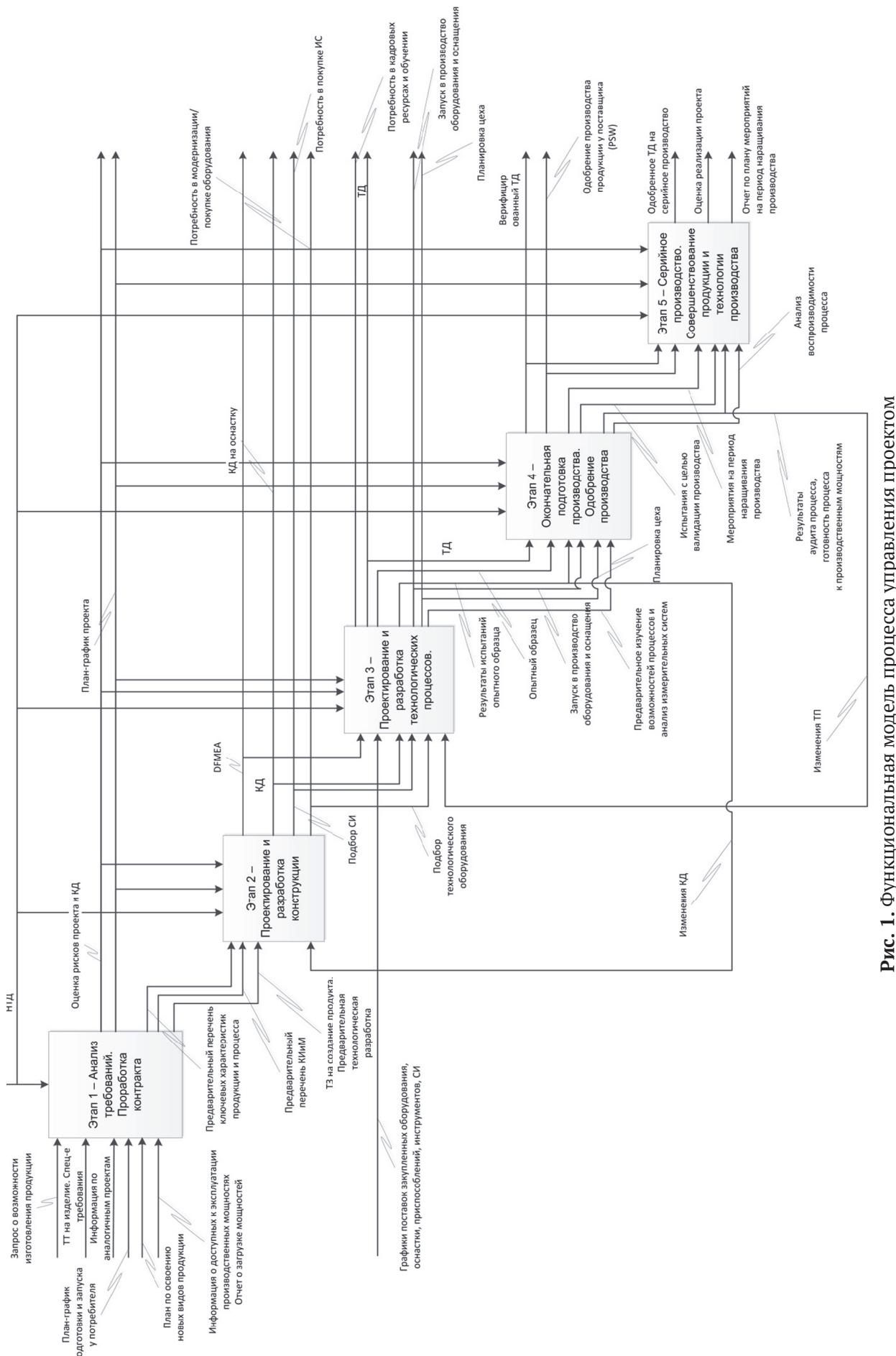


Рис. 1. Функциональная модель процесса управления проектом

разработанная на основе анализа технической документации ООО «ФРОСТ».

Процесс управления проектом предполагает реализацию следующих функций:

1) анализ требований и проработка контракта – согласование с заказчиком (или самостоятельное определение согласно результатам маркетинговых исследований) ценовых параметров и характеристик качества нового (или модернизированного) продукта;

2) проектирование и разработка конструкции – осуществление первого этапа конструкторской и технологической подготовки производства, направленного на формализацию требований к продукту;

3) проектирование и разработка технологических процессов – осуществление второго этапа конструкторской и технологической подготовки производства, направленного на создание производственных мощностей, необходимых для производства;

4) окончательная подготовка производства, одобрение производства – согласование функциональной модели производства с потребителем и проверка ее на соответствие требованиям регламентов и стандартов;

5) серийное производство – производство продукции согласно заданным объемам и характеристикам качества продукции и процессов.

Для эффективного функционирования про-

изводственной системы необходима реализация большого количества основных и вспомогательных процессов, важнейшими из которых являются процессы закупок, производства и управления производственной инфраструктурой – оборудованием. Современные производственные системы строятся на основании функциональных взаимосвязей элементов с обратными связями в виде потоков требований (рис. 2) [2].

На рис. 3 приведена функциональная модель процесса закупок. Функциями процесса закупок являются:

1) планирование закупок – определение ценных, временных и качественных характеристик закупаемых элементов материально-технической базы, сырья, комплектующих и т.д.;

2) поиск, оценка и выбор поставщиков – проведение многокритериального анализа и выбора контрагентов;

3) оперативное управление поставками – мониторинг дисциплины поставок и реализация корректирующих мероприятий в отношении поставщиков;

4) входной контроль – проверка параметров качества закупаемых элементов.

На рис. 4 приведена функциональная модель процесса производства. Функциями процесса производства являются:

1) планирование производства – определение

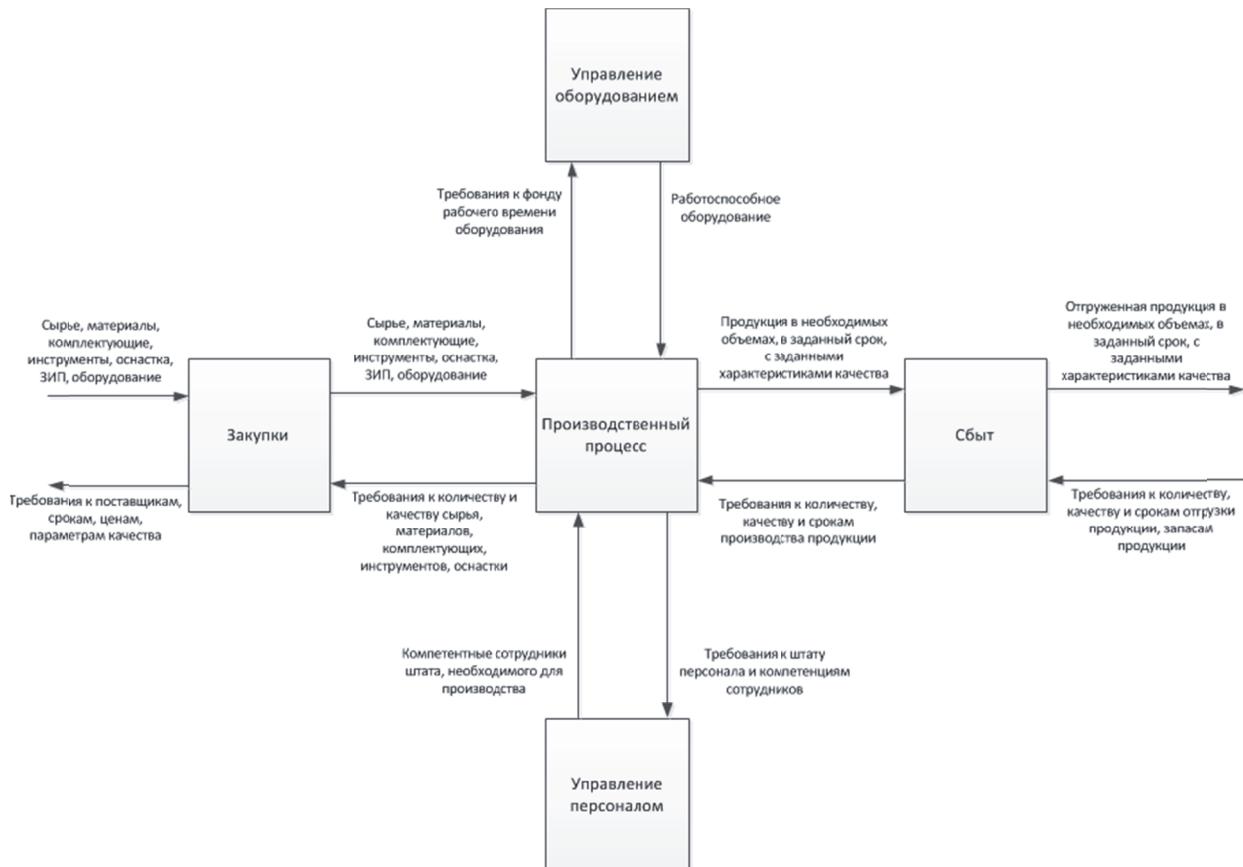
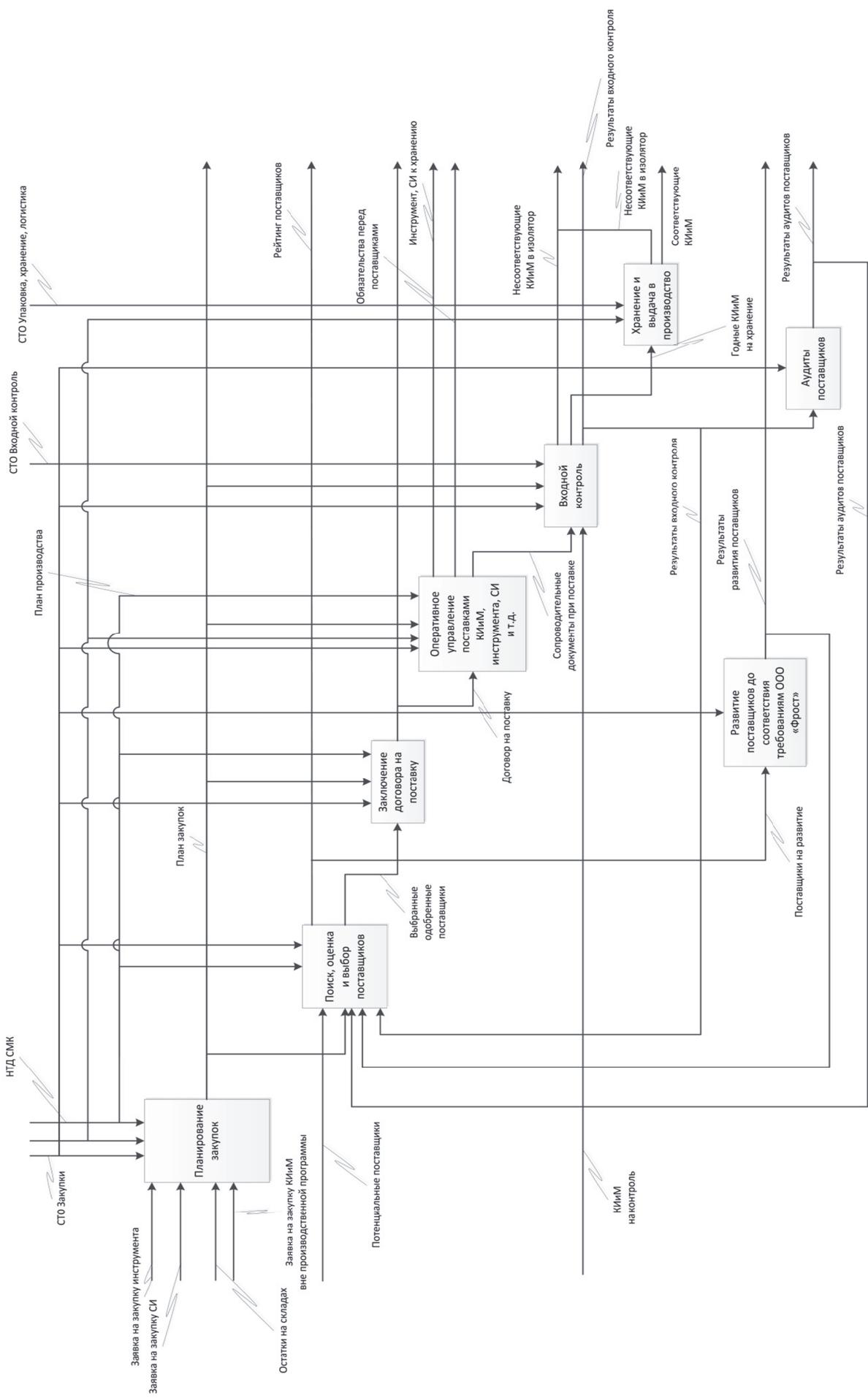


Рис. 2. Укрупненная функциональная модель производства с обратными связями между элементами



**Рис. 3.** Функциональная модель процесса закупок

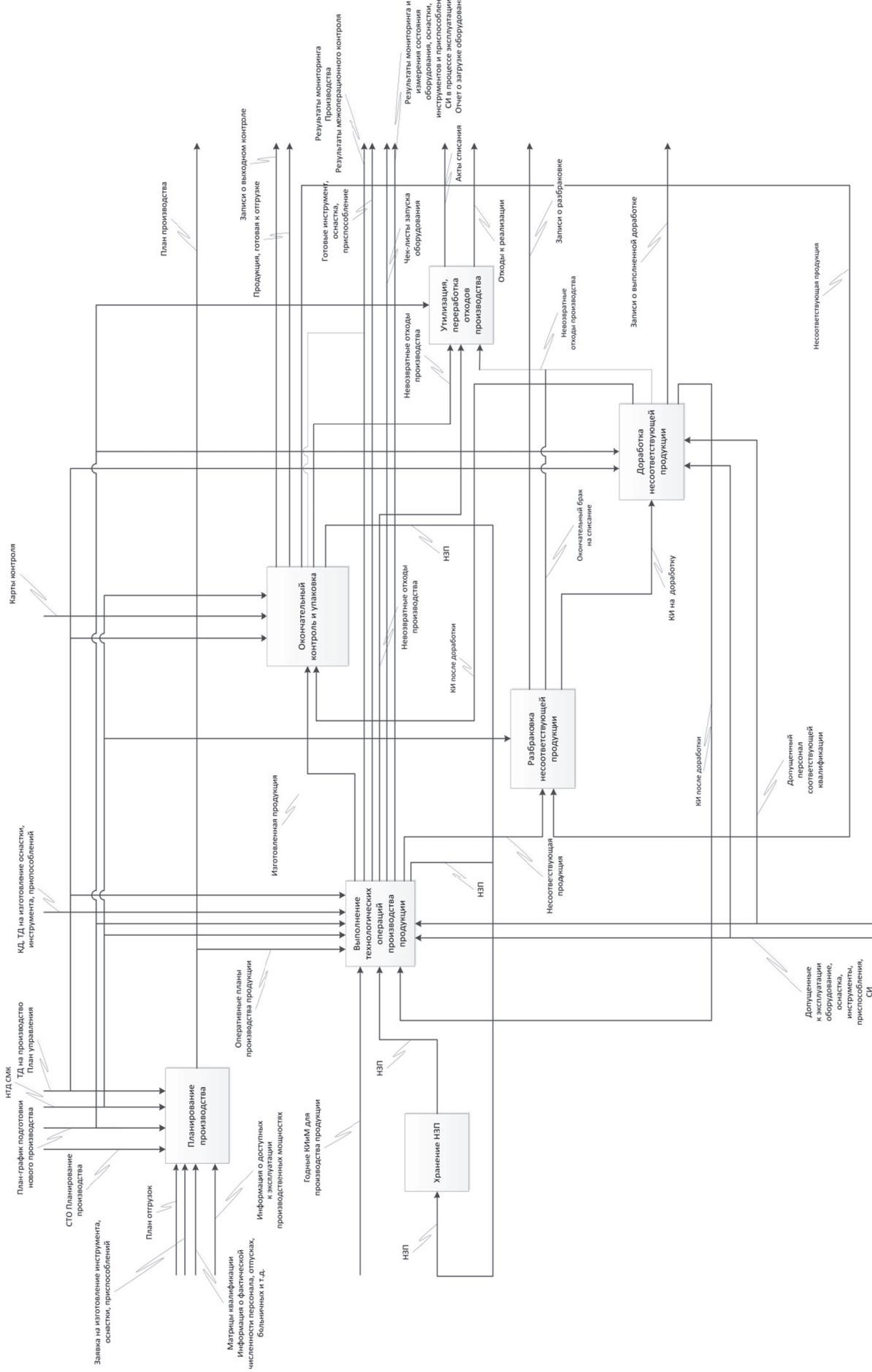


Рис. 4. Функциональная модель процесса производства

основных параметров потоков изделий, оборудования, графиков и сроков выпуска продукции;

2) выполнение технологических операций производства продукции – выполнение основных операций производства, связанных с добавлением ценности продукту и выполнения требований по его конструкции и характеристикам качества;

3) разбраковка несоответствующей продукции – проведение операций по контролю качества и отделению брака;

4) доработка несоответствующей продукции – выполнение операций по приведению параметров бракованной продукции до уровня соответствия требованиям к параметрам качества продукции.

5) окончательный контроль и упаковка – реализация комплекса мероприятий, направленных на недопущение брака в поставке и соблюдение требований по упаковке и хранению;

6) утилизация и переработка отходов производства – реализация мер рециклинга отходов и управления отходами.

На рис. 5 приведена функциональная модель процесса управления оборудованием. Функциями процесса управления оборудования являются:

1) обслуживание оборудования – проведение планово-предупредительных, текущих и аварийных ремонтов и обслуживания;

2) мониторинг и измерение состояния оборудования – реализация комплекса мер по осмотрам и испытаниям оборудования;

3) вывод оборудования из эксплуатации – реализация мер по запрету использования оборудования в производственном процессе, связанных с утилизацией или реализацией оборудования.

Для комплексной оценки состояния и возможности производства выполнять заказы согласно производственному плану (производственной программе) необходимо проведение функционального анализа комплекса технологических операций, необходимых для добавления ценности продукции, что подразумевает построение функциональных моделей производственных процессов для каждой единицы товарной номенклатуры предприятия.

Рассмотрим технологический процесс производства изделия «Кронштейн вспомогательных агрегатов в сборе», отгружаемый ООО «ФРОСТ» ПАО «АВТОВАЗ» с целью дальнейшей реализации. Функциональная графическая модель производства изделия приведена на рис. 6.

Описание параметров технологического процесса изготовления изделия «Кронштейн

вспомогательных агрегатов в сборе» приведен в табл. 1. Приведенное описание технологического процесса и параметры основных производственных операций выполнено для изготовления одного изделия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные выше функциональные модели процессов являются моделями производственных процессов высшего уровня и направлены на реализацию мониторинга и управления производственной системой предприятия. Качественная и эффективная реализация процессов высшего уровня необходима для реализации оптимального управления загрузкой оборудования, повышения фондоотдачи, оптимизации других основных технико-экономических показателей функционирования производства.

Функциональный анализ технологических процессов производства продукции является первым этапом построения математической и имитационной модели производства, необходимой для проведения анализа способности производства адаптироваться под колеблющийся спрос, а также анализа чувствительности производственной системы к внешним возмущениям различного рода, например, изменениям требований к упаковке, технологии производства, периодам отгрузки и т.д.

### Список использованных сокращений:

DFMEA – анализ видов, последствий и причин потенциальных несоответствий,

ЗИП – заготовки и полуфабрикаты,

ИС – информационные системы,

КИИМ – комплектующие изделия и материалы,

КД – конструкторская документация,

НЗП – незавершенное производство,

НТД – научно-техническая документация,

СИ – средства измерения,

СТО – стандарт организации,

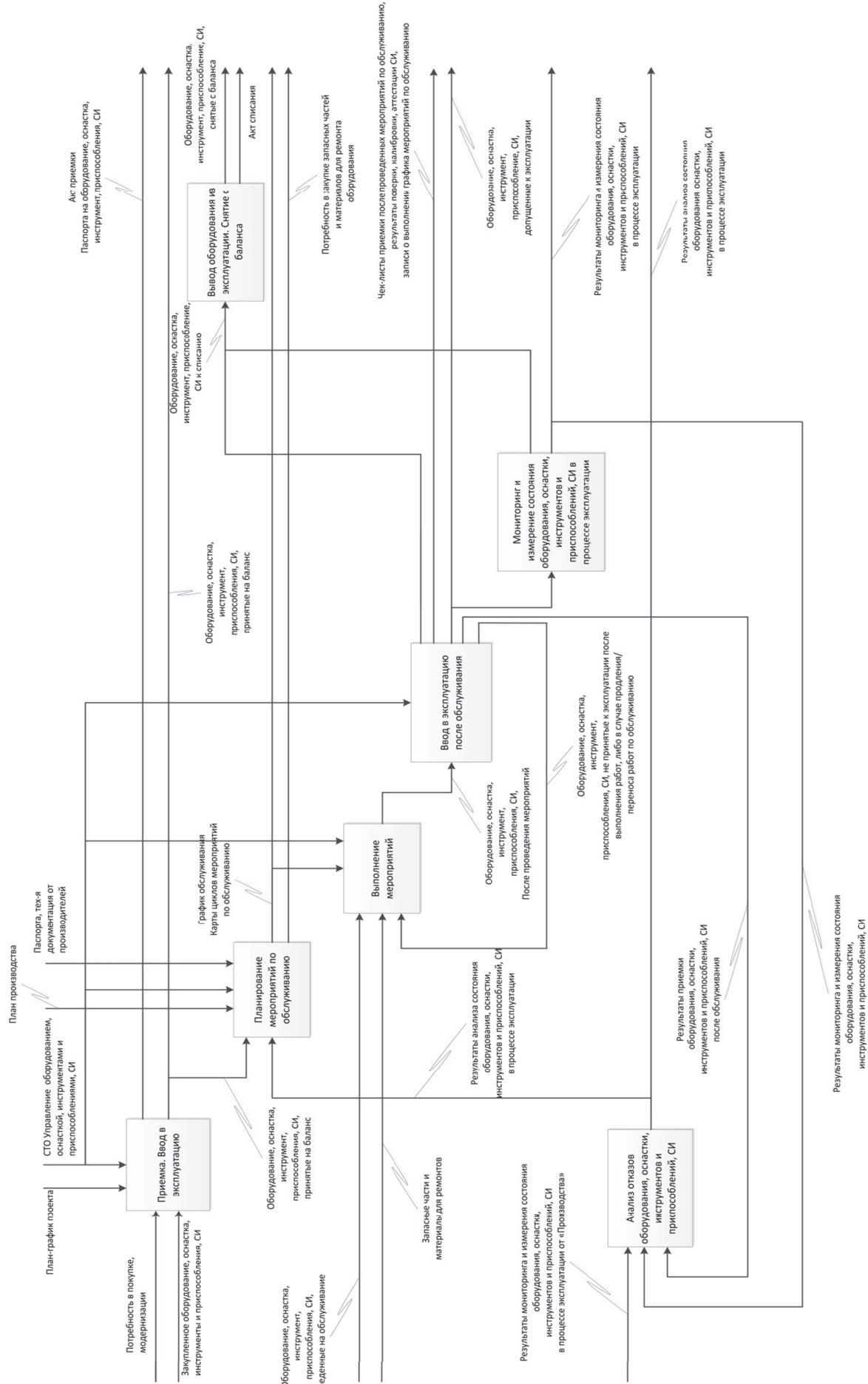
ТД – техническая документация,

ТЗ – техническое задание,

ТТ – технические требования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новицкий Н.И., Пашуто В.П. Организация, планирование и управление производством. М.: Финансы и статистика, 2007. 576 с.
2. Xu Zhiwei, Liu Yongxian. Mechanical production line simulation and optimization analysis // Journal of Automation and Logistics, 2008.



**Рис. 5. Функциональная модель процесса управления оборудованиям**

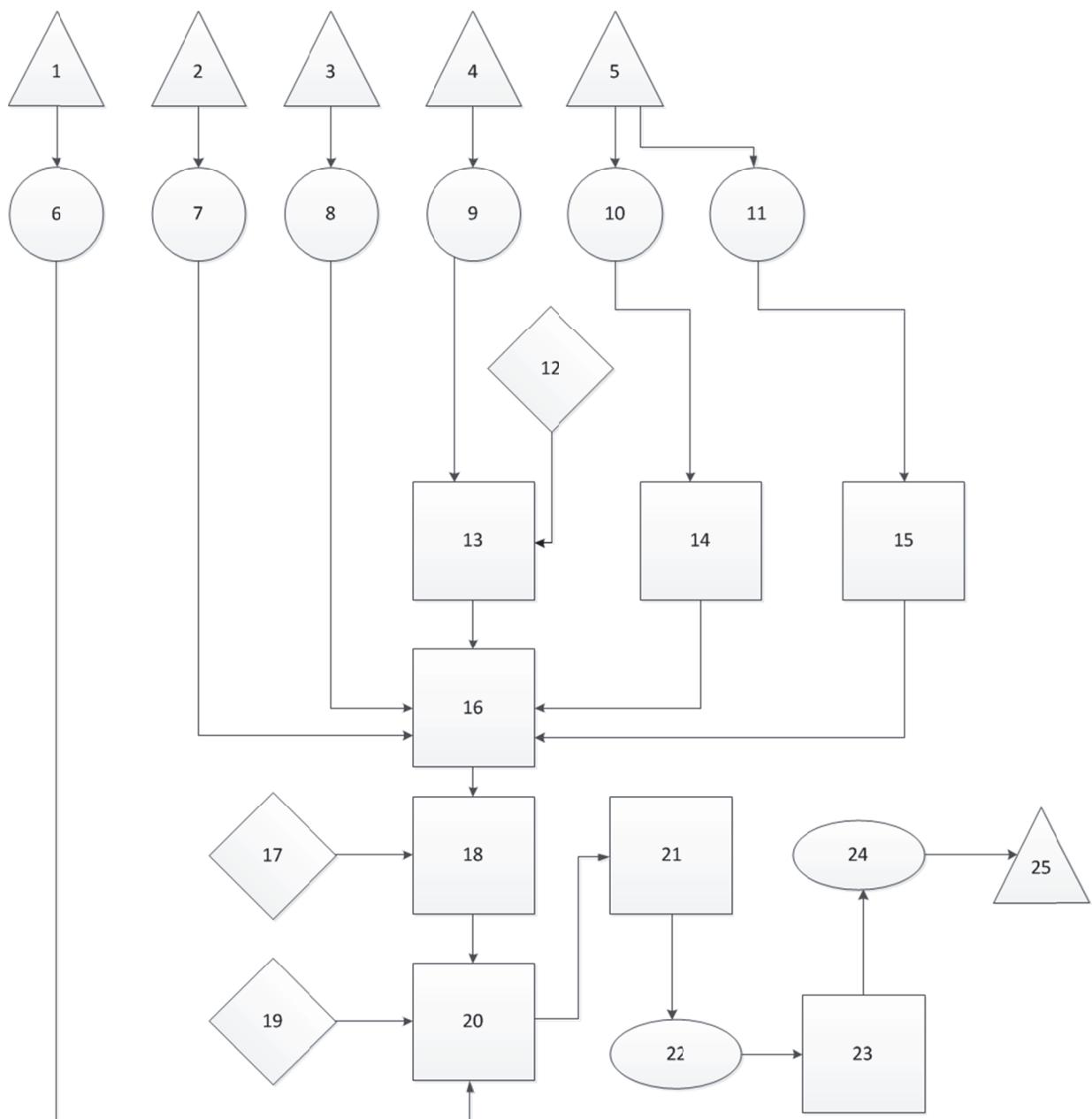


Рис. 6. Функциональная графическая модель производства изделия «Кронштейн вспомогательных агрегатов в сборе» на ООО «Фрост»

**Таблица 1.** Описание технологического процесса изготовления изделия «Кронштейн вспомогательных агрегатов в сборе»

№ операции	Наименование операции	Описание операции	Результат операции	Ресурсы на реализацию операции
1	Хранение	Хранение комплектующих «Болт M10x1 25x35»	Наличие запаса комплектующих «Болт M10x1 25x35»	<ul style="list-style-type: none"> <li>площади склада</li> <li>энергоресурсы на поддержание температуры и влажности на складе</li> <li>трудовые ресурсы персонала склада</li> </ul>
2	Хранение	Хранение комплектующих «Гайка M8»	Наличие запаса комплектующих «Гайка M8»	<ul style="list-style-type: none"> <li>площади склада</li> <li>энергоресурсы на поддержание температуры и влажности на складе</li> <li>трудовые ресурсы персонала склада</li> </ul>
3	Хранение	Хранение комплектующих «Пластина», «Ребро среднее», «Ребро нижнее», «Планка верхняя», «Планка нижняя», «Поперечина правая»	Наличие запаса комплектующих «Пластина», «Ребро среднее», «Ребро нижнее», «Планка верхняя», «Планка нижняя», «Поперечина правая»	<ul style="list-style-type: none"> <li>площади склада</li> <li>энергоресурсы на поддержание температуры и влажности на складе</li> <li>трудовые ресурсы персонала склада</li> </ul>
4	Хранение	Хранение комплектующих «Ребро верхнее», «Болт M8x1 25x20»	Наличие запаса комплектующих «Ребро верхнее», «Болт M8x1 25x20»	<ul style="list-style-type: none"> <li>площади склада</li> <li>энергоресурсы на поддержание температуры и влажности на складе</li> <li>трудовые ресурсы персонала склада</li> </ul>
5	Хранение	Хранение комплектующих «Поперечина левая», «Проушина»	Наличие запаса комплектующих «Поперечина левая», «Проушина»	<ul style="list-style-type: none"> <li>площади склада</li> <li>энергоресурсы на поддержание температуры и влажности на складе</li> <li>трудовые ресурсы персонала склада</li> </ul>
6	Перемещение	Перемещение комплектующих «Болт M10x1 25x35»	Наличие запаса комплектующих «Болт M10x1 25x35» на месте проведения производственной операции	<ul style="list-style-type: none"> <li>тара</li> <li>оборудование (транспортер)</li> <li>трудовые ресурсы вспомогательного персонала</li> </ul>
7	Перемещение	Перемещение комплектующих «Гайка M8»	Наличие запаса комплектующих «Гайка M8» на месте проведения производственной операции	<ul style="list-style-type: none"> <li>тара</li> <li>оборудование (транспортер)</li> <li>трудовые ресурсы вспомогательного персонала</li> </ul>
8	Перемещение	Перемещение комплектующих «Пластина», «Ребро среднее», «Ребро нижнее», «Планка верхняя», «Планка нижняя», «Поперечина правая»	Наличие запаса комплектующих «Пластина», «Ребро среднее», «Ребро нижнее», «Планка верхняя», «Планка нижняя», «Поперечина правая» на месте проведения производственной операции	<ul style="list-style-type: none"> <li>тара</li> <li>оборудование (транспортер)</li> <li>трудовые ресурсы вспомогательного персонала</li> </ul>

№ операции	Наименование операции	Описание операции	Результат операции	Ресурсы на реализацию операции
9	Перемещение	Перемещение комплектующих «Ребро верхнее», «Болт M8x1 25x20»	Наличие запаса комплектующих «Ребро верхнее», «Болт M8x1 25x20» на месте проведения производственной операции	<ul style="list-style-type: none"> <li>• тара</li> <li>• оборудование (транспортер)</li> <li>• трудовые ресурсы вспомогательного персонала</li> </ul>
10	Перемещение	Перемещение комплектующих «Поперечина левая»	Наличие запаса комплектующих «Поперечина левая» на месте проведения производственной операции	<ul style="list-style-type: none"> <li>• тара</li> <li>• оборудование (транспортер)</li> <li>• трудовые ресурсы вспомогательного персонала</li> </ul>
11	Перемещение	Перемещение комплектующих «Проушина»	Наличие запаса комплектующих «Проушина» на месте проведения производственной операции	<ul style="list-style-type: none"> <li>• тара</li> <li>• оборудование (транспортер)</li> <li>• трудовые ресурсы вспомогательного персонала</li> </ul>
12	Наладка	Наладка сварочного полуавтомата MIG 250	Готовность сварочного полуавтомата MIG 250 к проведению операции приварки 13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• энергоресурсы для проверки функционирования</li> <li>• инструмент (электрод) для проверки функционирования</li> <li>• трудовые ресурсы наладчика</li> </ul>
13	Производство	Приварка элемента «Болт M8x1 25x20» к элементу «Ребро верхнее»	НЗП для передачи на операцию 16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• энергоресурсы</li> <li>• рабочее время оборудования</li> <li>• трудовые ресурсы оператора</li> <li>• инструмент (электроды)</li> <li>• оснастка (держатель)</li> <li>• комплектующие «Болт M8x1 25x20» и «Ребро верхнее»</li> </ul>
14	Производство	Нарезка резьбы на элементе «Поперечина левая» на станке токарно-винторезном 16Б16К	НЗП для передачи на операцию 16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• энергоресурсы</li> <li>• рабочее время оборудования</li> <li>• трудовые ресурсы оператора</li> <li>• инструмент (резец)</li> <li>• оснастка (меритель)</li> <li>• комплектующие «Поперечина левая»</li> </ul>
15	Производство	Зачистка фаски на элементе «Проушина» на станке координатно-фрезерно-расточном 2440СФ3	НЗП для передачи на операцию 16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• энергоресурсы</li> <li>• рабочее время оборудования</li> <li>• трудовые ресурсы оператора</li> <li>• инструмент (фреза)</li> <li>• оснастка (меритель)</li> <li>• комплектующие «Поперечина левая»</li> </ul>
16	Производство	Сборка кронштейна из элементов с операций 13, 14, 15	НЗП для передачи на операцию 18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• энергоресурсы</li> <li>• трудовые ресурсы оператора</li> <li>• инструмент (комплект сборочного инструмента)</li> <li>• оснастка (держатель)</li> <li>• комплектующие НЗП с операций 13, 14, 15</li> </ul>
17	Наладка	Переналадка сварочного полуавтомата MIG 250	Готовность сварочного полуавтомата MIG 250 к проведению операции приварки 13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• энергоресурсы для проверки функционирования</li> <li>• инструмент (электрод) для проверки функционирования</li> <li>• трудовые ресурсы наладчика</li> </ul>

№ операции	Наименование операции	Описание операции	Результат операции	Ресурсы на реализацию операции
18	Производство	Сварка кронштейна в сборе с операции 16	НЗП для передачи на операцию 16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• энергоресурсы</li> <li>• рабочее время оборудования</li> <li>• трудовые ресурсы оператора</li> <li>• инструмент (электроды)</li> <li>• оснастка (держатель)</li> <li>• НЗП с операции 16</li> </ul>
19	Наладка	Переналадка сварочного полуавтомата MIG 250	Готовность сварочного полуавтомата MIG 250 к проведению операции приварки 13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• энергоресурсы для проверки функционирования</li> <li>• инструмент (электрод) для проверки функционирования</li> <li>• трудовые ресурсы наладчика</li> </ul>
20	Производство	Приварка комплектующих «Гайка М8» к кронштейну с операции 18	НЗП для передачи на операцию 21	<ul style="list-style-type: none"> <li>• энергоресурсы</li> <li>• рабочее время оборудования</li> <li>• трудовые ресурсы оператора</li> <li>• инструмент (электроды)</li> <li>• оснастка (держатель)</li> <li>• НЗП с операции 18</li> </ul>
21	Производство	Зачистка окалины на кронштейне с операции 20	НЗП для передачи на операцию контроля качества 22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• трудовые ресурсы оператора</li> <li>• инструмент (наждак)</li> <li>• оснастка (держатель)</li> <li>• НЗП с операции 20</li> </ul>
22	Контроль качества	Измерения кривизны и качества сварки	НЗП, соответствующая требованиям по качеству для передачи на операцию 23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• энергоресурсы</li> <li>• рабочее время оборудования (меритель)</li> <li>• трудовые ресурсы контролера</li> <li>• НЗП с операции 21</li> </ul>
23	Производство	Нанесение защитного покрытия	Готовая продукция «Кронштейн вспомогательного оборудования в сборе»	<ul style="list-style-type: none"> <li>• энергоресурсы</li> <li>• рабочее время оборудования</li> <li>• трудовые ресурсы оператора</li> <li>• инструмент</li> <li>• оснастка</li> <li>• НЗП с операции 22</li> </ul>
24	Контроль качества	Визуальный контроль качества покрытия	Готовая продукция «Кронштейн вспомогательного оборудования в сборе», соответствующая требованиям по качеству	<ul style="list-style-type: none"> <li>• энергоресурсы</li> <li>• трудовые ресурсы контролера</li> <li>• НЗП с операции 23</li> </ul>
25	Хранение	Хранение готовой продукции	Готовая продукция «Кронштейн вспомогательного оборудования в сборе», соответствующая требованиям по качеству и готовая к отгрузке	<ul style="list-style-type: none"> <li>• площади склада</li> <li>• энергоресурсы на поддержание температуры и влажности на складе</li> <li>• трудовые ресурсы персонала склада</li> </ul>

## FORMATION OF MANUFACTURING FUNCTIONAL MODEL

© 2017 N.V. Alistarova, D.Yu. Ivanov. V.V. Morozov

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

In this article we described the project management methods to analyze the engineering production. The models of production processes was designed.

*Keywords:* production, simulation, technological process.

Nina Alistarova, Graduate Student, Assistant Lecturer.

E-mail: nin\_a\_lis@mail.ru

Dmitry Ivanov, Doctor of Economics, Professor, Head at the Production Organization Department.

E-mail: ssau\_ivanov@mail.ru

Vladimir Morozov, Doctor of Technics, Professor, Head at the Ecology and Life Safety Department.