

## **ЦИФРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКТАЦИИ И СБОРКИ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА РЕМОНТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

**К. Я. Вергазова**

*Научный руководитель – Л. А. Гринченко*

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

***Аннотация.** В статье рассматривается построение цифровой модели процесса комплектации и сборки двигателя внутреннего сгорания в нотации BPMN. Сформирован порядок протекания процесса, необходимые для его начала ресурсы, определены этапы преобразования материальных ресурсов во время комплектации и сборки, представлены результаты комплектации и сборки и их участие в других процессах ремонтного производства.*

***Ключевые слова:** ремонт двигателей, комплектация, сборка, BPMN.*

## **DIGITAL SUPPORT FOR MODELING THE PROCESSES OF PICKING AND ASSEMBLING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE AT A REPAIR FACILITY**

**C. Ya. Vergazova**

*Scientific advisor – L. A. Grinchenko*

*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

***Abstract.** The article discusses the construction of a digital model of the process of picking and assembling an internal combustion engine in BPMN notation. The order of the process is formed, resources are needed to start it, the stages of transformation of material resources during assembly and assembly are determined, the results of assembly and assembly and their participation in other repair production processes are presented.*

***Keywords:** engine repair, complete set, assembly, BPMN.*

### **Введение**

Задачи повышения надежности машин решаются по мере развития производства [1]. Развитие станкостроения привело к появлению станков, производящих машиностроительные детали, с точностью изготовления, достигающей до микрометров. Контроль геометрических па-

раметров подобных деталей невозможен без применения высокоточных контрольно-измерительных средств [2]. Узлы и агрегаты сельскохозяйственной техники, в которых применяют соединения как с посадкой в виде зазора, так и соединения с посадкой в виде натяга, для обеспечения необходимой посадки требуют особых средств контроля [3-6]. Современные средства управления качеством, также предполагают широкий перечень инструментов и методов для контроля параметров машиностроительных изделий ремонтных и производственных предприятий [7, 8], предназначенных для применения на любом этапе жизненного цикла [9].

Эффективно распределить вышеописанный арсенал средств управления качеством между процессами и делегировать обязанности по их исполнению между персоналом можно используя методы цифрового моделирования [10]. Цифровое моделирование заключается в проектировании модели процесса с помощью различных нотаций, реализуемых в различных компьютерных программах [11]. Выбор нотации зависит от множества факторов: необходимости подробного описания исполнителей и отделов, в которой протекает процесс, подробностью его описания, от уровня моделируемого процесса и др. [12]. Внедрение цифровых моделей, относящихся как к бизнес-процессам, так и к производственным процессам предприятия обеспечивает наличие четкого регламента реализации процесса, возможность его мониторинга в режиме реального времени, а также позволит более точно рассчитать затраты и определить риски, при организации и реорганизации бизнес-процессов [13, 14].

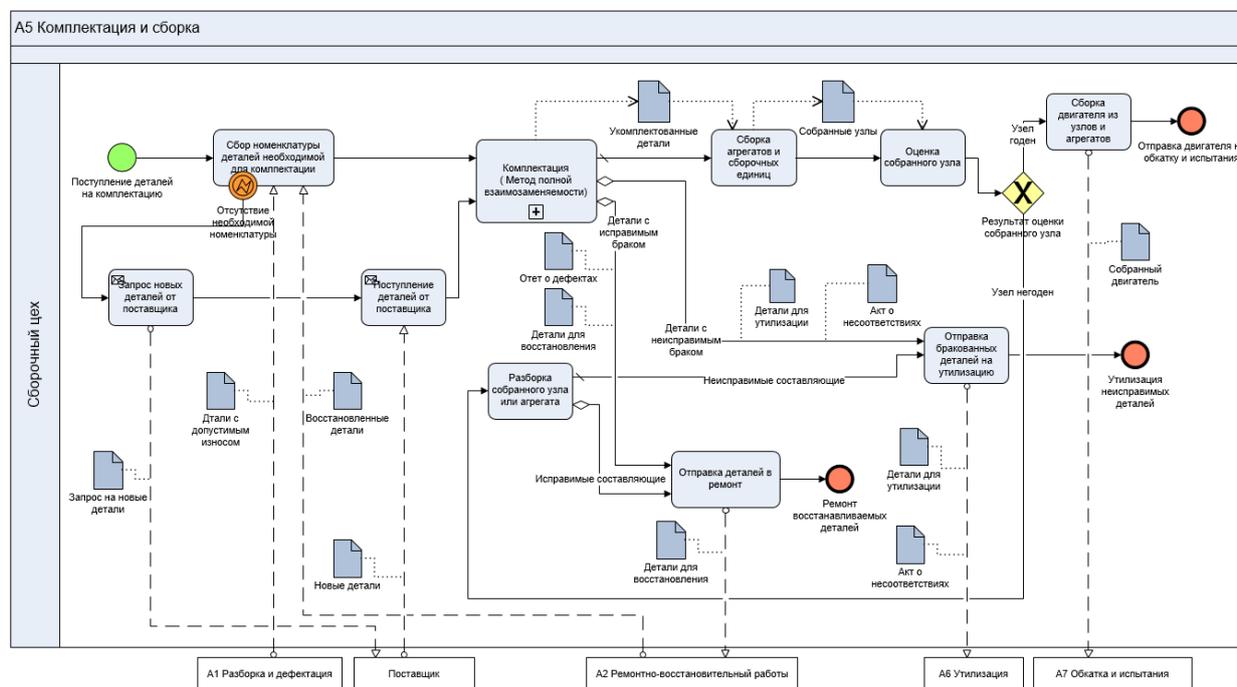
Таким образом, улучшение деятельности ремонтных предприятий путем внедрения цифровизации является неоспоримым. Актуальность исследований, посвященных цифровым процессам обеспечена их эффективностью в повышении производительности труда, получению конкурентных преимуществ и оптимизации издержек.

Целью исследования является создание цифровой модели процесса комплектации и сборки двигателя внутреннего сгорания при его капитальном ремонте, в нотации BPMN.

Процесс комплектации и сборки может включать в себя множество операций связанных с потоками материальных объектов, цифровой и электронной документацией. Многие из этих операций и потоков имеют связи с другими процессами ремонтного предприятия, некоторые из этих процессов могут иметь несколько исполнителей, в роли которых могут выступать как отдельные сотрудники, так и отделы.

Для наглядного представления схемы процесса комплектации и сборки использовалась нотация BPMN в программе Business Studio.

Схема процесса комплектации и сборки, построенная в нотации BPMN представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Цифровая модель процесса комплектации и сборки в нотации BPMN**

Рассматриваемый процесс начинается с поступления деталей из трех направлений, однако первоначально используются восстановленные детали и детали с допустимым износом, в случае, когда из них невозможно составить полную номенклатуру, необходимую для собираемого объекта, составляется заявка для получения новых, недостающих деталей со склада запчастей. Новые детали, поступившие со склада, направляются, вместе с остальными деталями и сборочными единицами, непосредственно, на операции комплектования, проводимые определенным методом, в рассматриваемом случае это метод полной взаимозаменяемости.

После завершения комплектации укомплектованные пары передаются для сборки. Собранные таким образом узлы оценивают для допустимости их применения при сборке двигателя, куда их непосредственно передают в случае, если результаты оценки успешны. При обнаружении неисправностей узлы разбираются, а составляющие их детали в зависимости от степени брака отправляют в ремонт или на склад металлолома для утилизации.

Для осуществления контроля качества процесса комплектации и сборки необходимо установить мониторинговые показатели и критерии (количественные и качественные), а также определить методику их сбора и анализа. Также для регулирования мониторинговых показателей должны быть определены факторы, влияющие на их значения. Систематизация основных факторов, оказывающих влияние на рассматриваемый процесс, позволяет структурировать потенциальные причины несоответствий, поскольку возникающие дефекты будут связаны с представленными факторами, что может существенно упростить их контроль.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, О. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2020. – 232 с.
2. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27.
3. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269.
4. Леонов, О. А. Определение предельных функциональных зазоров подшипника скольжения в условиях гидродинамической смазки / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Трение и износ. – 2024. – Т. 45, № 4. – С. 327-334.
5. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71.
6. Расчет посадок соединений упругих втулочно-пальцевых муфт с валами / О. А. Леонов [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 2. – С. 96-101.
7. Проектирование и анализ качества контрольных процессов на ремонтных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. – 95 с.
8. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 8. – С. 701-704.
9. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. – 89 с.
10. Kheifetz, M. L. Design of mechatronic engineering systems in digitalized traditional and additive manufacturing / M. L. Kheifetz // Journal of Advanced Materials and Technologies. – 2021. – Vol. 6, No. 1. – P. 18-29.

11. Шендрикова, О. О. Исследование процессов цифровизации промышленных предприятий / О. О. Шендрикова, И. Ф. Елфимова // Организатор производства. – 2019. – Т. 27, № 1. – С. 16-24. – DOI 10.25987/VSTU.2019.88.65.002.

12. Зарубин, С. Г. Разработка процессной модели цифрового машиностроительного производства / С. Г. Зарубин, К. А. Деев // СТИН. – 2017. – № 3. – С. 2-7.

13. Коваленко, Н. В. Современные аспекты моделирования бизнес-процессов предприятий металлургической отрасли с использованием стандарта IDEF0 / Н. В. Коваленко, В. Е. Финогеева // Экономический вестник Донбасского государственного технического университета. – 2019. – № 1. – С. 18-24.

14. Lopes, T. Assessing business process models: a literature review on techniques for BPMN testing and formal verification / T. Lopes, S. Guerreiro // Business Process Management Journal. – 2023. – No. 29. – P.133-162.

***Об авторах:***

**Вергазова Каталина Яновна**, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», uverg@mail.ru.

**Научный руководитель – Гринченко Лаврентий Александрович**, ассистент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», grinchenko@rgau-msha.ru.

***About the authors:***

**Catalina Ya. Vergazova**, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, uverg@mail.ru.

**Scientific advisor – Lavrenty A. Grinchenko**, assistant of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, grinchenko@rgau-msha.ru.