

## ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.О. Бутко<sup>1</sup>, П.М. Кузнецов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
Москва, Россия, e-mail: profpol@rambler.ru

**Аннотация:** Удовлетворение потребности в сырье для современного машиностроительного производства в большинстве случаев может быть достигнуто только при использовании уникального по своим параметрам крупногабаритного горнотранспортного оборудования. Условия работы такого оборудования обычно сопряжены с интенсивным вредным воздействием на него окружающей среды, что приводит к необходимости регулярного и частого технического обслуживания целого ряда элементов его конструкции. Для поддержания оборудования горнодобывающей промышленности в работоспособном состоянии организованы специальные предприятия ремонтно-восстановительного назначения. Ремонтно-восстановительные предприятия имеют свой парк технологического оборудования и, как правило, определенную специализацию в области восстановления оборудования. Такая специализация определяется спецификой оборудования горнодобывающей промышленности, прежде всего, его уникальностью по массогабаритным показателям. В связи с этим практически все ремонтные работы проводятся непосредственно на местах дислокации оборудования. Как правило, для проведения ремонтных работ производится монтаж необходимой оснастки с частичной разборкой отдельных элементов конструкции оборудования. Оснастка, являющаяся сама по себе также уникальной, позволяет осуществлять технологические процессы ремонтно-восстановительных работ, используя частично базовые компоненты механизмов оборудования. Возникает необходимость рационального распределения сочетания используемых базовых компонентов и конструкции технологической оснастки, а также рационального распределения объемов участия специализированных ремонтных организаций для снижения сроков проведения ремонтно-восстановительных работ, их себестоимости и трудоемкости.

**Ключевые слова:** горно-обогажительный комбинат, ремонтно-восстановительные работы, управление, технологическое оборудование, математическая модель, оптимизация, база данных

**Для цитирования:** Бутко А. О., Кузнецов П. М. Подход к управлению бизнес-процессами ремонтно-восстановительных работ горного оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 4. – С. 168–180. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2024\_4\_0\_168.

### Management approach to business processes in maintenance and repair of mining equipment

A.O. Butko<sup>1</sup>, P.M. Kuznetsov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Moscow Aviation Institute (National Research University), Russia, e-mail: profpol@rambler.ru

---

**Abstract:** Satisfaction of raw material supply of the modern machine-building industry is generally achievable only using large-sized mining and transport equipment with unique parameters. Operating conditions of such equipment usually involve the heavy environmental impact, which calls for regular and frequent maintenance of the equipment components. With a view to maintaining serviceability of equipment, special-purpose maintenance and repair workshops are created in the mining industry. The maintenance and repair workshops possess their own processing facilities and, as a rule, specialize in a certain field of maintenance and repair. Such specialization is governed by the specifics of the mining equipment, and, first of all, by the unique mass and dimension parameters. In connection with this, all repair operations are carried out immediately on location sites of the equipment. As a rule, before actual repair, some outfitting is performed with partial dismantle of the equipment components. The outfitting is also unique and allows maintenance and repair partly using generic components of machines and mechanisms. It is required to reach the rational combinations of the generic components of equipment, the rational use of the outfitting structure, as well as the rational distribution of efforts of the task-specific workshops to reduce the time, the cost and the labor input of maintenance and repair.

**Key words:** mining and processing integrated works, maintenance and repair, management, processing equipment, mathematical model, optimization data base.

**For citation:** Butko A. O., Kuznetsov P. M. Management approach to business processes in maintenance and repair of mining equipment. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2024;(4):168-180. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2024\_4\_0\_168.

---

## Введение

Современному машиностроительному производству требуются значительные объемы черных металлов, составляющих основу абсолютного большинства современной техники [1]. В общем объеме используемых в промышленном производстве металлов это составляет порядка 90%. На фоне развития и совершенствования существующей техники горно-обогатительных комбинатов важной задачей является повышение эффективности использования эксплуатируемого оборудования [2, 3]. Обеспечение длительного периода работоспособного состояния оборудования способствует повышению производительности и снижению себестоимости процессов получения сырья для производства черных металлов, а это, в свою очередь, влияет на повышение конкурентоспособности

изделий машиностроительного производства [4, 5].

## Методы

Основным путем повышения длительности работоспособного состояния оборудования горно-обогатительных комбинатов является снижение времени простоя, обусловленного техническим обслуживанием, как планового характера, так и по причинам внезапного отказа элементов его конструкции. Одновременно трудоемкость и себестоимость проводимых ремонтно-восстановительных работ могут оказаться дополнительными факторами увеличения себестоимости получения черных металлов [6, 7]. Учитывая масштабность объемов производства обогащенной руды, простой оборудования в течение одной смены приводит к недопоставкам 8,5% су-

точного объема поставки руды в России [8, 9].

Таким образом, возникает актуальная задача организации ремонтно-восстановительных работ, обеспечивающая снижение как себестоимости, так и времени их проведения с учетом появления современных подходов (безразборная диагностика состояния узлов машин, повышение точности обработки, сборки крупногабаритных узлов машин [10–12]. Для решения поставленной задачи требуется нахождение оптимального варианта ремонтно-восстановительных работ. Такой поиск можно обеспечить путем генерации вариантов, их анализа и выбора лучшего варианта по соответствующим критериям [13].

Поиск на основе генерации вариантов должен осуществляться в двух направлениях — нахождение лучшего варианта соподчиненности последовательностей выполняемых работ и определение оптимальной временной последовательности потока выполняемых работ. Возникает задача организации системы управления бизнес-процессами ремонтного предприятия, основной концепцией которой является определение стратегии управления, обеспечивающей достижение минимизации времени простоя оборудования и снижение затрат на реализацию технологических процессов ремонтно-восстановительных работ [14, 15].

Для решения поставленной задачи воспользуемся математическим моделированием состояния технологической системы предприятия. Поскольку ремонтные организации обладают заранее известным потенциалом выполнения определенного объема технологических процессов, их возможность можно представить в виде множества:

$$A = \{a_i\}_1^n. \quad (1)$$

Здесь  $A$  — множество технологических операций, выполняемых отдельно

взятым ремонтным предприятием;  $a_i$  —  $i$ -я технологическая операция, которая может быть выполнена этим предприятием;  $n$  — общее количество технологических операций, составляющих производственный потенциал предприятия. Производственный потенциал этого ремонтного предприятия можно представить в виде массива, совокупности технологических операций, которые могут быть выполнены этим предприятием самостоятельно, без привлечения сторонних предприятий [16].

Общий потенциал предприятий, доступных для проведения ремонтно-восстановительных работ, может быть представлен в виде некоторой совокупности множеств:

$$C = \{c \mid c \in A_1 \vee c \in A_2 \vee \dots \vee c \in A_i \dots c \in A_n\} \quad (2)$$

Здесь  $C$  — суммарный потенциал технологических возможностей всех доступных в рассматриваемый период времени ремонтных предприятий;  $n$  — число ремонтных предприятий, которые могут быть привлечены для проведения ремонтно-восстановительных работ;  $i$  принимает значения от 1 до  $n$ .

Выполнение условия

$$C_j = \{c \mid c \in A_1 \wedge c \in A_2 \wedge \dots \wedge c \in A_j\} \quad (3)$$

означает возможность выполнения некоторой совокупности технологических операций разными ремонтными предприятиями, количество которых равно  $j$ .

Выполнение условия

$$C_j = \{c \mid c \notin A_1 \wedge c \notin A_2 \wedge \dots \wedge c \notin A_m\} \quad (4)$$

означает, что данное множество технологических операций может быть выполнено только одним ремонтным предприятием (в данном случае — только предприятием, условно обозначенным цифрой 1). Таким образом, возникает некоторая совокупность технологических операций, являющихся уникаль-

ными по отношению к другим ремонтным предприятиям, возможности которых не позволяют их выполнить.

При построении технологического процесса следует принимать во внимание, что технологические операции, отвечающие условию (4), практически во всех случаях не могут быть заменены на другие. В качестве модели всего технологического процесса в целом следует использовать перестановочную сетевую модель, описывающую последовательность технологических операций, выполнение которых необходимо для проведения конкретных ремонтно-восстановительных работ. Перестановочная модель включает в себя чередующуюся последовательность ветвлений. Участки, не содержащие ветвления, представляют последовательность уникальных операций технологического процесса. Участки, содержащие ветвления, описывают совокупность альтернативных последовательностей технологических операций, выполнение каждой из которых приводит к одинаковому технологическому результату, но с разными экономическими показателями (себестоимость, трудоемкость и др.).

Поэтому с точки зрения управления бизнес-процессами ремонтных предприятий эти последовательности будут оцениваться по-разному. Какие-то из них обеспечивают более высокую производительность, какие-то — более низкую себестоимость и т.д. Здесь возникает многокритериальная оптимизационная задача. В автоматическом режиме решения задачи построения технологического процесса можно использовать весовые коэффициенты значимости тех или иных критериев.

Поиск оптимального построения технологического процесса целесообразно проводить на всех ветвящихся отрезках перестановочной модели автономно, для чего удобным является применение

метода динамического программирования. Тогда актуальным оказывается рекуррентное отношение:

$$W_i(S) = \max_{x \leq S} \{ \varphi_i(x) + W_{i+1}(S - x) \} \quad (5)$$

где  $W_i(S)$  — оптимальное значение целевой функции (экономической эффективности) на  $i$ -м шаге;  $\varphi_i(x)$  — оптимальное значение эффективности на  $i$ -м шаге;  $W_{i+1}(S)$  — оптимальное значение целевой функции на всех последующих шагах относительно  $i$ -го шага.

По мнению авторов, с точки зрения определения оптимальной стратегии управления бизнес-процессами ремонтных предприятий поиск оптимального проектного решения необходимо проводить в автоматизированном режиме с привлечением эксперта, а сам поиск должен носить итерационный характер. Такой подход позволяет проводить комплексный анализ проектируемого технологического процесса ремонтно-восстановительных работ с применением прогнозного моделирования.

Прогнозное моделирование обеспечивает нахождение оптимального решения в виртуальном пространстве, определяемом указанными выше массивами с использованием только средств вычислительной техники, без привлечения материальных ресурсов производственных систем. В этом случае снижаются материальные затраты и сокращается время нахождения лучшего варианта, а следовательно, снижаются экономические затраты и время на подготовку ремонтно-восстановительных работ.

## Результаты

Анализ проектных решений с целью оптимизации стратегий предполагается проводить с помощью одного из современных средств управления проектами, широко представленных на отечественном рынке, например, Microsoft Project или Open Plan. Это позволит реализо-

вать процедуры рационального выбора ресурсов и управления мощностями по ходу выполнения ремонтного процесса. Стандартные средства таких инструментов позволяют автоматически перестраивать проект с целью выбора более подходящего графика с учетом имеющихся исполнителей. Таким образом, видится актуальным использование упомянутых продуктов при работе с бизнес-процессами ремонтного предприятия. Анализ имеющихся на сегодняшний день решений показывает наличие широкого диапазона предложений — от простейших по функционалу программ до сложных комплексных систем управления предприятиями или ресурсами. На сегодняшний день разработчиками представлено более 30 таких программ и систем.

Прежде чем более подробно рассмотреть вопросы анализа и управления бизнес-процессами, остановимся на подготовке данных, которые необходимо внести в автоматизированную систему для дальнейшей работы. Здесь речь в первую очередь идет о технологических процессах, обычно моделируемых с помощью системы автоматизированного проектирования (САПР) технологического назначения. С учетом современных реалий предполагается использовать отечественные разработки в данной области, которые достаточно широко

представлены на рынке. Обычно такие продукты предлагают объемный инструментарий, ориентированный на российские стандарты и правила оформления документации, что очень важно для проектировщика.

Изначально подготовку технологических данных для формирования проектного решения предлагается проводить в среде инвариантного моделирования, позволяющей получать варианты технологических решений с возможностью выбора. Такой функционал предлагают разные программные продукты, в том числе разработанный в МАИ комплекс структурно-параметрического моделирования (ПМК СПМ) [17]. С его помощью происходит формирование технологической модели, состоящей из нескольких частей:

- модель производственной системы;
- модель детально-сборочной единицы;
- модель элементарного решения;
- модель задачи.

Сам комплекс представляет собой комплект модулей, предназначенных для построения информационных и иных моделей в инвариантной среде. Есть возможность визуализации результатов проектирования и формирования электронной документации в стандартном виде (рис. 1, а). В состав пакета входит модуль для работы с технологическими

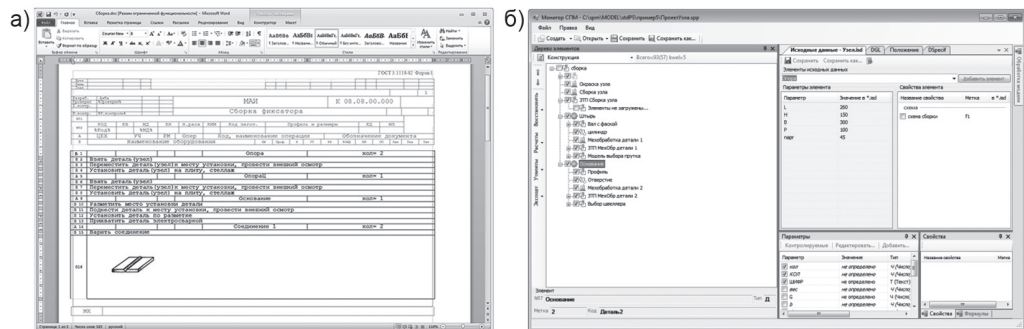


Рис. 1. Представление техпроцесса в СПМ: итоговая документация (фрагмент) (а); обработка модели (б)  
 Fig. 1. Representation of the technical process in the SPM: final documentation (a); model processing (b)

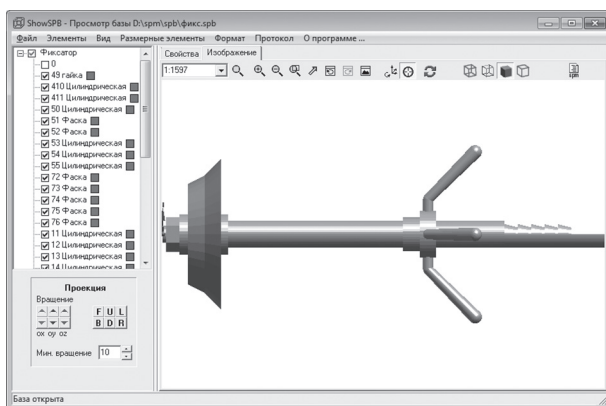


Рис. 2. Модель приспособления для ремонта труб  
Fig. 2. Pipe Repair Tool Model

моделями, который производит трансляцию исходной структурно-параметрической модели (рис. 1, б) и расчет решений. В качестве примера в дальнейшем на рисунках приводятся фрагменты модели изделия Фиксатор, используемого в составе приспособления для ремонта труб.

По итогу работы в среде СПМ формируется комплексная модель, представляющая конструкторско-технологическое решение (КТР), включающее в себя описание процесса проведения требуемых ремонтных работ по конкретному изделию или объекту. В качестве иллюстрации работы программы визуализации на рис. 2 показана модель фиксатора, построенная средствами СПМ.

Такая обработанная модель может быть использована в качестве базы и источника исходных данных при автоматизированном построении проекта в системе планирования, что даст возможность сократить время ввода задач и число ошибок при их переносе вручную [18]. Данный функционал уже реализован внутри комплекса СПМ в виде модуля программного интерфейса, позволяющего извлекать необходимые задачи и параметры из подготовленной модели и конвертировать их в стандарт-

ный формат для ввода в систему управления проектами. Таким образом решается задача перехода от проектирования вариантов ремонтного или восстановительного процесса к анализу решения и выбору оптимальной стратегии.

В ходе дальнейшей работы была описана общая методика анализа КТР, построенная на базе схемы организации взаимодействия ПМК СПМ и системы управления проектами (СУП) [19].

Методика включает следующие базовые этапы:

1. Создание модели КТР (реализуется в ПМК СПМ).
2. Обработка модели КТР (реализуется в ПМК СПМ).
3. Обработка модели проекта (реализуется в ПМК СПМ).
4. Анализ результатов моделирования (реализуется в СУП).
5. Создание модели организационно-технического решения (ОТР).

В данном варианте анализа при решении задачи выбора стратегии основной упор делается на работу в системе управления проектами, так как она реализует необходимый функционал [20]. Методика предполагает автоматизированное построение проекта, но его оценка и корректировка выполняется про-



ектировщиком с учетом поставленных перед ним задач, это либо сокращение сроков проводимых работ, либо снижение их стоимости, либо оптимизация загрузки ремонтных мощностей.

Рассмотрим эти этапы более подробно.

1.1. Построение системы параметризации КТР, обеспечивающей расчет необходимых для анализа технических и экономических характеристик. Включает определение и ввод в модель аналитических и функциональных зависимостей, позволяющих обеспечить анализ результатов вычислений конструкторско-технологических и проектных характеристик КТР по данным, полученным из СПМ или СУП. Указанные зависимости обычно описываются в блоке «Формулы» при создании модели изделия. Расчет значений может осуществляться как за одну, так и за несколько итераций параметрической обработки. Вычисление проектных характеристик производится автоматически средствами СУП при формировании проекта.

1.2. Формирование элементов, определяющих структуру проекта. Описание функциональных связей и назначение ресурсов. На данном этапе происходит идентификация необходимых проектных данных в СПМ. Обычно в качестве таковых выступают элементы технологической составляющей КТР, такие, как операции, ресурсы, параметры, определяющие значения трудоемкости, длительности, стоимости, объемы ресурсов. Описание связей не требует специальной идентификации и ведется в рабочем порядке, при разработке технологических процессов средствами ПМК СПМ. Трудовые и материальные ресурсы представляются специальными параметрами типа *work* или *material* в блоке «Параметры».

1.3. Проверка достаточности проектных данных, их валидация, контроль пра-

вильности организации структуры элементов, описывающих формируемый проект. Это один из важных этапов процесса формирования проекта, и в то же время один из критических (ввиду зависимости от него в большой степени правильности формируемого в СУП проекта и адекватности результатов анализа КТР). Проведение операций по проверке и контролю модели КТР полностью осуществляется пользователем, и поэтому воздействие так называемого «человеческого» фактора на данном этапе максимально отражается на конечных результатах. Необходимо произвести проверку всех идентифицированных проектных данных непосредственно после завершения создания СПМ. Тщательному контролю должны подвергнуться, в первую очередь, элементы системы связей, особенно функциональные цепочки. Это важно для исключения возможности возникновения ошибочных, перекрестных и циклических связей при формировании проекта в СУП. Кроме того, можно оценить вероятные значения длительностей задач нижнего уровня с целью не допустить наличие нулевых длительностей в проекте.

2. Установка значений входных характеристик ОТР. Согласованная обработка модели. Ввод возможных ОТР осуществляется с помощью механизма загрузки данных из внешнего файла на этапе трансляции модели КТР средствами ПМК СПМ. Согласованная обработка модели осуществляется под управлением программного модуля, который обеспечивает автоматический итерационный запуск компонентов ПМК СПМ в порядке, установленном пользователем при задании параметров анализа.

3.1. Выборка данных из КТР. Обработка и преобразование проектных данных. Передача информации в СУП. Осуществляется средствами модуля интерфейса, входящего в состав ПК ОТИ.

Выборка происходит при открытии структурно-параметрической базы (после установки настроек работы программы) на основе системы идентификации проектных данных с помощью функций первого механизма, входящего в состав модели процесса формирования проекта. Обработка извлеченной информации происходит дополнительными процедурами контроля и корректировки. Преобразование и форматирование данных выполняется внутренними функциями модуля ОТИ при запуске команды передачи в СУП, непосредственно перед которой пользователь в специальном диалоге устанавливает ключевые параметры формируемого проекта (тип связей задач, рабочий календарь, дату начала или завершения проекта).

3.2. Завершение операции передачи с помощью мастера импорта СУП (обработка и генерация таблицы ресурсов). После установки параметров проекта с помощью специальных настроек ОТИ выполняется команда передачи данных СУП. Затем открывается рабочее окно системы с запросом на выбор одной из таблиц формата импорта. Происходит формирование структуры проекта и вывод диаграммы Гантта без ресурсов. Для генерации таблицы ресурсов и назначения их конкретным задачам выполняется макрос, интегрированный в СУП перед началом работы с системой анализа КТР. Запуск происходит нажатием комбинации клавиш, назначенных для этого макроса, этим управляющие воздействия пользователя ограничиваются, однако возможен вывод справочной информации с помощью диалоговых окошек. Вывод можно отключить с помощью настроек при работе с модулем ОТИ.

3.3. Обработка проекта в СУП (расчет комплексных характеристик, устранение перегрузок с помощью функции автоматического выравнивания трудовых

ресурсов, вывод дополнительной информации в диаграммах). На этом этапе с помощью макроса загрузки ресурсов происходит расчет дополнительных характеристик, установка параметров проекта и вывод дополнительной информации в диаграммах Гантта. При возникновении перегрузок трудовых ресурсов после их назначения выполняется процедура автоматического выравнивания, в результате работы которой возможно устранение перегрузки частично или полностью.

4.1. Проведение комплексной оценки КТР в СУП. Выполняется пользователем средствами СУП сразу после завершения процесса формирования проекта (завершение работы макроса). Оцениваются полученные характеристики решения — суммарная длительность и стоимость, уровень загрузки ресурсов, сроки выполнения проекта и другие дополнительные параметры. С помощью второго макроса значения длительности и стоимости извлекаются и передаются в модуль управления анализом СПМ для формирования отчета и построения графиков. Макрос запускается также нажатием комбинации клавиш, назначенной пользователем.

4.2. Анализ, интерпретация и верификация результатов. Этот этап включает завершение передачи результатов проектных, конструкторско-технологических или иных расчетов в модуль управления анализом СПМ для формирования окончательных отчетов. Указанные отчеты представляют собой текстовые файлы, сохраненные в папке с моделью КТР, содержащие информацию по полученным значениям заданных пользователем характеристик КТР. После завершения последней итерации обработки модели выполняется построение графиков средствами модуля управления для представления, верификации и интерпретации результатов анализа.



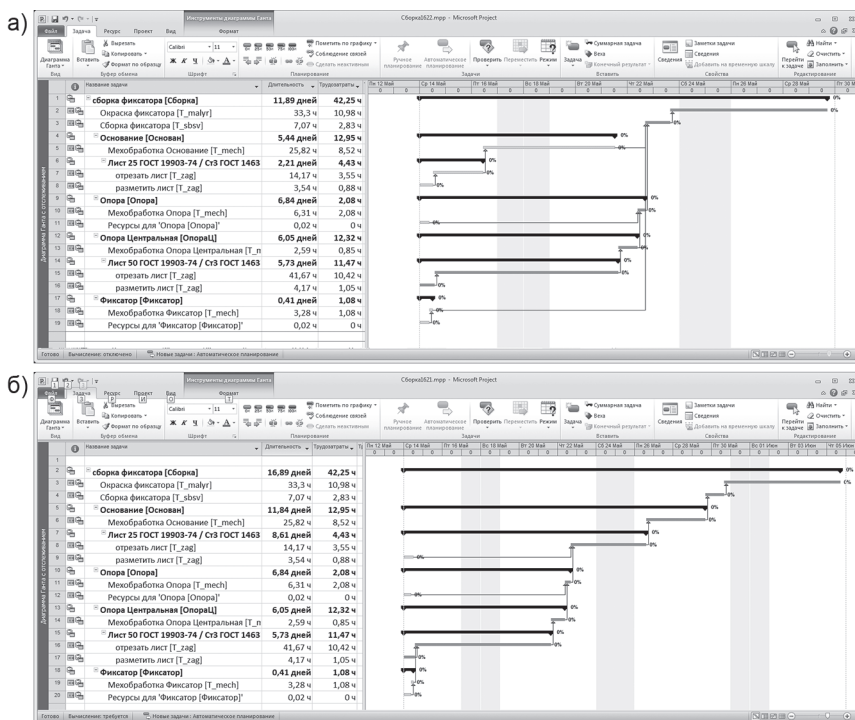


Рис. 3. Пример распределения задач в процессе изготовления фиксатора: параллельное выполнение (а); последовательное выполнение (б)  
 Fig. 3. An example of the distribution of tasks in the process of manufacturing a retainer: parallel execution (a); sequential execution (b)

График может быть сохранен в виде метафайла для дальнейшего использования.

5. Создание модели ОТР: определенные области воздействия на КТР; модификация структуры (схема членения и схема сборки, варианты реализации технологических процессов и маршрутов); варьирование количественными характеристиками КТР; объединение ОТР и КТР; повторное выполнение этапов, начиная с п. 2.

Оптимизацию процессов можно проводить после формирования проекта путем перераспределения задач и последовательности их выполнения. На рис. 3 показаны варианты проектов изготовления фиксатора для ремонта труб, можно видеть отличия в длительности при разной связи задач.

### Обсуждение результатов

В ходе исследований установлено, что необходимый уровень точности оценки КТР может быть достигнут при математическом моделировании конструкторских, технологических и организационных решений, а также ремонтных процессов и обеспечивающих систем. Адекватные результаты моделирования получены при использовании:

- средств структурно-параметрического моделирования — для автоматизированной выработки решений и расчета частных характеристик решений;
- системы управления проектами Microsoft Project — для расчета и анализа интегральных характеристик решений.

Снижение трудоемкости процессов ремонта обеспечивается за счет унификации представления объектов предмет-

ной области (конструкция, технология, ремонтные подразделения, ОТР) и информационных элементов методологии управления проектами (работы, ресурсы и т.п.). Для обеспечения унификации использован ПМК СПМ и выполнена доработка инвариантной информационной модели базового элемента структурно-параметрического моделлера.

Основной эффект снижения длительности процессов ремонта обеспечивается возможностью построения сквозной системы параметризации, что снижает потери времени на согласование и передачу информации между объектами при технико-экономической оценке состояния предметной области. Выбор инструментальной системы структурно-параметрического моделирования определил ограничения на структуру информационной среды ПК ОТИ.

Алгоритм и инструментальные средства ОТИ, выполненные на основе трех базовых механизмов построения проекта (при анализе КТР), обеспечивают повышение качества процесса обмена технической информацией между автоматизированными системами за счет снижения количества ошибок ввода и реализации процедур контроля и управления процессом передачи данных. При использовании созданных программных

средств достигается высокая степень завершенности формируемого в СУП проекта.

### **Заключение**

Управляя структурой проекта через систему моделирования в ПМК СПМ, можно формировать различные варианты с целью выбора более рациональной организации любых процессов. Это является конечной целью работы в разработанной сотрудниками МАИ системе моделирования и управления процессами.

В ходе оценки результатов работ по итогам испытаний в рамках НИР в ГКНПЦ им. Хруничева установлено, что применение данной методики обеспечивает:

- снижение числа ошибок в данных при планировании на 23%;
- сокращение длительности процессов на 18% (производственных, ремонтных, восстановительных) — за счет автоматизации процесса построения и анализа КТР;
- обоснованность выбора стратегии — за счет моделирования рабочих процессов реализации решений и предоставления возможности анализа изменений в их развитии, что способствует повышению эффективности рабочих процессов и отвечает конечным целям работы.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Андрюхин Д. В., Андрюхин Н. Д., Ягопольский А. Г., Дрюков М. Р. Проблемы развития современной логистики, или «ахиллесова пята» экономики // Инновации и инвестиции. — 2023. — № 2. — С. 30 — 34.
2. Цырков А. В., Юрцев Е. С., Рагуткин А. В., Цырков Г. А., Ермохин Е. А. Управление жизненным циклом продукции с позиций нового уклада организации производственных систем // Качество и жизнь. — 2019. — № 2(22). — С. 28 — 34.
3. Ягопольский А. Г., Домнышев А. А., Воронцов Е. А. Проблемы инновационного развития машиностроения России // Инновации и инвестиции. — 2019. — № 2. — С. 7 — 9.
4. Yeleneva J. Y., Kharin A. A., Yelenev K. S., Andreev V. N., Kharina O. S., Kruchkova E. V. Corporate knowledge management in Ramp-up conditions: the stakeholder interests account, the responsibility centers allocation // CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. 2018, vol. 20, pp. 207 — 216.

5. Ягопольский А. Г., Домнышев А. А. Мониторинг производственных систем // Автоматизация. Современные технологии. – 2020. – Т. 74. – № 1. – С. 14–15.
6. Maksimov Y. V., Denisov R. A., Grechishnikov V. A., Timiryazev V. A. Improving the machining process in band-saw systems // Russian Engineering Research. 2020, vol. 40, no. 1, pp. 61–63. DOI: 10.3103/S1068798X2001013X.
7. Бойко П. Ф., Тимирязев В. А., Хостиков М. З., Данилов И. К. Применение мобильного многоцелевого станка для восстановления отверстий в крупно-габаритных деталях без их демонтажа // СТИН. – 2018. – № 11. – С. 25–29.
8. Бойко П. Ф., Титиевский Е. М., Тимирязев В. А., Схиртладзе А. Г. Уменьшение расходов на ремонт дробилок путем применения новых технологий изготовления броней и диагностирования их износа // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 7. – С. 8–13.
9. Цырков А. В., Кузнецов П. М., Цырков Г. А., Ермохин Е. А., Москвин В. К. Проектно-операционное управление в машиностроительном производстве // Вестник Мордовского университета. – 2018. – Т. 28. – № 4. – С. 511–522. DOI: 10.15507/0236-2910.028.201804.511-522.
10. Молчанов А. А., Востриков С. О., Ягопольский А. Г., Белоусов Н. А. Модальная диагностика материалов для изготовления базовых деталей металлорежущих станков // СТИН. – 2022. – № 2. – С. 16–20.
11. Boiko P. V., Timiryazev V. A., Khostikoev M. Z., Danilov I. K. Holle restorazion in siti using a mobile machine tools without disassembli // Russian Engineering Research. 2019, vol. 39, no. 4, pp. 345–348.
12. Timiryazev V. A., Khostikoev M. Z., Konoplev V. N., Nabatnikov Yu. F., Mnatsakanyan V. U. Improving Precision in Selecktive Assembly // Russian Engineering Research. 2019, vol. 39, no. 6, pp. 499–502.
13. Kuznetsov P. M., Khoroshko L. L. Digitalization of multi-object technological projecting in terms of small batch production // Inventions. 2020, vol. 5, no. 3, article 38. DOI: 10.3390/inventions5030038.
14. Kalyakulin S. Y., Kuz'min V. V., Mitin E. V., Sul'din S. P. Informational relational models for calculating the cutting conditions in automatic control systems // Russian Engineering Research. 2018, vol. 38 no. 12, pp. 1049–1052. DOI: 10.3103/S1068798X18120250.
15. Калякулин С. Ю., Кузьмин В. В., Митин Э. В., Сульдин С. П., Тюрбеева Т. Б. Проектирование структуры технологических процессов на основе синтеза // Вестник Мордовского университета. – 2018. – Т. 28. – № 1. – С. 77–84. DOI: 10.15507/0236-2910.028.201801.077-084.
16. Кузнецов П. М., Хорошко Л. Л. Цифровизация процессов восстановления дробильно-измельчительного оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 10. – С. 195–205. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-10-0-195-205.
17. Бутко А. О., Колесников Д. А. Алгоритмы подсистемы автоматизации построения проектов в составе комплекса анализа организационно-технических решений // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2018. – № 3 (171). – С. 3–10.
18. Ягопольский А. Г., Тутукин Д. Г., Тетюшин И. Д. Сравнение форматов хранения данных в САПР // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 8. – С. 132–135.
19. Следков Ю. Г., Хорошко Л. Л., Кузнецов П. М., Бутко А. О. Цифровой двойник процессов восстановления сельскохозяйственной техники // Инженерные технологии и системы. – 2021. – Т. 31. – № 4. – С. 530–543. DOI: 10.15507/2658-4123.031.202104.530-543.
20. Butko A. O., Briukhovetskii A. P., Grigoriev D. E., Kalashnikov K. S. Algorithms, mechanisms and procedures for the computeraided project generation system // International Journal of Applied Engineering Research. 2017, vol. 12, no. 24, pp. 14199–14207. **PLAS**

## REFERENCES

1. Andriukhin D. V., Andriukhin N. D., Yagopolsky A. G., Dryukov M. R. Problems of the development of modern logistics, or the «Achilles heel» of the economy. *Innovation & Investment*. 2023, no. 2, pp. 30–34. [In Russ].
2. Tsyrvkov A. V., Yurtsev E. S., Ragutkin A. V., Tsyrvkov G. A., Ermokhin E. A. Product lifecycle management from the perspective of a new way of organizing production systems. *Quality and life*. 2019, no. 2(22), pp. 28–34. [In Russ].

3. Yagopolsky A. G., Domnyshev A. A., Vorontsov E. A. Problems of innovative development of mechanical engineering in Russia. *Innovation & Investment*. 2019, no. 2, pp 7–9. [In Russ].
4. Yeleneva J. Y., Kharin A. A., Yelenev K. S., Andreev V. N., Kharina O. S., Kruchkova E. V. Corporate knowledge management in Ramp-up conditions: the stakeholder interests account, the responsibility centers allocation. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. 2018, vol. 20, pp. 207–216.
5. Yagopolsky A. G., Domnyshev A. A. Monitoring of production systems. *Automation. Modern technologies*. 2020, vol. 74, no. 1, pp. 14–15. [In Russ].
6. Maksimov Y. V., Denisov R. A., Grechishnikov V. A., Timiryazev V. A. Improving the machining process in band-saw systems. *Russian Engineering Research*. 2020, vol. 40, no. 1, pp. 61–63. DOI: 10.3103/S1068798X2001013X.
7. Boyko P. F., Timiryazev V. A., Hostikoyev M. Z., Danilov I. K. Application of a mobile multi-purpose machine for restoring holes in large-scale parts without dismantling them. *STIN*. 2018, no. 11, pp. 25–29. [In Russ].
8. Boyko P. F., Titievsky E. M., Timiryazev V. A., Skhirtladze A. G. Reduction of costs for the repair of crushers by applying new technologies for the manufacture of armor and diagnosing their wear. *Repair, reconditioning, modernization*. 2018, no. 7, pp. 8–13. [In Russ].
9. Tsyrvkov A. V., Kuznetsov P. M., Tsyrvkov G. A., Ermokhin E. A., Moskvina V. K. Design and operational management in machine building. *Mordovia University Bulletin*. 2018, vol. 28, no. 4, pp. 511–522. [In Russ].
10. Molchanov A. A., Vostrikov S. O., Yagopolsky A. G., Belousov N. A. Modular diagnostics of materials for the manufacture of basic parts of metal-cutting machines. *STIN*. 2022, no. 2, pp. 16–20. [In Russ].
11. Boiko P. V., Timiryazev V. A., Khostikoev M. Z., Danilov I. K. Holle restorazion in siti using a mobile machine tools without disassembli. *Russian Engineering Research*. 2019, vol. 39, no. 4, pp. 345–348.
12. Timiryazev V. A., Khostikoev M. Z., Konoplev V. N., Nabatnikov Yu. F., Mnatsakanyan V. U. Improving Precision in Selective Assembly. *Russian Engineering Research*. 2019, vol. 39, no. 6, pp. 499–502.
13. Kuznetsov P. M., Khoroshko L. L. Digitalization of multi-object technological projecting in terms of small batch production. *Inventions*. 2020, vol. 5, no. 3, article 38. DOI: 10.3390/inventions5030038.
14. Kalyakulin S. Y., Kuz'min V. V., Mitin E. V., Sul'din S. P. Informational relational models for calculating the cutting conditions in automatic control systems. *Russian Engineering Research*. 2018, vol. 38 no. 12, pp. 1049–1052. DOI: 10.3103/S1068798X18120250.
15. Kalyakulin S. Yu., Kuz'min V. V., Mitin E. V., Sul'din S. P., Tyurbееva T. B. Design of the structure of technological processes based on synthesis. *Mordovia University Bulletin*. 2018, vol. 28, no. 1, pp. 77–84. [In Russ]. DOI: 10.15507/0236-2910.028.201801.077-084.
16. Kuznetsov P.M., Khoroshko L.L. Digitization of crushing and milling equipment reconditioning. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 10, pp. 195–205. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-10-0-195-205.
17. Butko A. O., Kolesnikov D. A. Algorithms of the automation subsystem for building projects as part of a complex analysis of organizational and technical solutions. *Information technology of CAD/CAM/CAE*. 2018, no. 3(171), pp. 3–10. [In Russ].
18. Yagopolsky A. G., Tutukin D. G., Tetyushin I. D. Comparison of data storage formats in CAD. *Innovation & Investment*. 2021, no. 8, pp. 132–135. [In Russ].
19. Sledkov Yu. G., Khoroshko L. L., Kuznetsov P. M., Butko A. O. The digital twin for agricultural machinery restoration processes. *Engineering Technologies and Systems*. 2021, vol. 31, no. 4, pp. 530–543. [In Russ]. DOI: 10.15507/2658-4123.031.202104.530-543.
20. Butko A. O., Briukhovetskii A. P., Grigoriev D. E., Kalashnikov K. S. Algorithms, mechanisms and procedures for the computeraided project generation system. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2017, vol. 12, no. 24, pp. 14199–14207.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бутко Антон Олегович<sup>1</sup> — канд. техн. наук,  
доцент, доцент,

Кузнецов Павел Михайлович<sup>1</sup> — д-р техн. наук,  
профессор, профессор, e-mail: profpol@rambler.ru,  
ORCID ID: 0000-0001-9237-3848,  
Researcher ID: K-8831-2018,

<sup>1</sup> Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет).

**Для контактов:** Кузнецов П.М., e-mail: profpol@rambler.ru.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.O. Butko<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Eng.),  
Assistant Professor, Assistant Professor,  
P.M. Kuznetsov<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Professor,  
Professor e-mail: profpol@rambler.ru,

ORCID ID: 0000-0001-9237-3848,  
Researcher ID: K-8831-2018,

<sup>1</sup> Moscow Aviation Institute (National Research University),  
125993, Moscow, Russia.

**Corresponding author:** P.M. Kuznetsov, e-mail: profpol@rambler.ru.

Получена редакцией 27.06.2023; получена после рецензии 05.02.2024; принята к печати 10.03.2024.

Received by the editors 27.06.2023; received after the review 05.02.2024; accepted for printing 10.03.2024.



## ОТ РЕДАКЦИИ

В Горном информационно-аналитическом бюллетене № 7, 2023 на с. 64 в разделе «Благодарность» и на с. 65 в разделе «Acknowledgements» допущена техническая ошибка:

№ стр.	Опубликовано	Должно быть
64	Работа выполнена в рамках КНТП полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в области разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения»; распоряжение правительства от 11.05.2022, № 1144-р, мероприятие 13 «Инновационная технология очистки сточных вод на предприятиях по добыче угля открытым способом».	Исследование выполнено в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. № 1144-р, № соглашения 075-15-2022-1201 от 30.09.2022 г.
65	The study was carried out in the framework of the Integrated Full Innovation Cycle Program: Development and Introduction of a Set of Technologies in the Sphere in Solid Mineral Exploration and Mining, Industrial Safety, Bioremediation and Creation of New Products of Advanced Coal Processing at Consistent Reduction of the Environmental Stress and Human Health Risk; RF Government Decree No. 1144-r dated 11 May 2022, Event 13 Innovative Technology of Waste Water Treatment at Open Pit Coal Mines.	The research was carried out within the framework of a comprehensive scientific and technical program of a full innovation cycle «Development and implementation of a complex of technologies in the fields of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing from coal raw materials with a consistent reduction of the environmental burden on the environment and risks to the life of the population», approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated 05/11/2022, No. 1144-r, Agreement No. 075-15-2022-1201 dated 30.09.2022.