

УДК [658.512:004.9]:[622.012.3:622.341.1]

М. М. ТУРДАХУНОВ (АО «СГПО»)**Д. Г. БУКЕЙХАНОВ** (Институт горного дела им. Д. А. Кунаева)**С. Ж. ГАЛИЕВ** (АО «Казахстанский институт развития индустрии»)

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МЕТОДОЛОГИИ



М. М. ТУРДАХУНОВ,
президент,
канд. техн. наук



Д. Г. БУКЕЙХАНОВ,
начальник отдела геотехнологии,
горной системологии
и недроведения,
д-р техн. наук



С. Ж. ГАЛИЕВ,
вице-президент,
д-р техн. наук

В статье описано появление геоинформатики как новой ветви информатики в области наук о Земле и развитие на ее основе геоинформационных графических систем и технологий, баз данных и систем управления базами данных. Отмечены основные недостатки указанных систем при решении целостных задач больших и сложных динамических систем и их моделирования. Создание объектно-ориентированной методологии (ООМ) и использование языка визуального моделирования UML (Unified Modeling Language) и разработанные на этой основе технологии позволяют решать проблемы больших и сложных динамических систем в самых различных прикладных областях, в том числе и при недропользовании. Даны основные подходы и принципы создания системы автоматизированного проектирования с использованием ООМ, позволяющей разрабатывать проекты карьеров на основе различных целевых установок с одной или группой целей и системой различных ограничений.

Ключевые слова: геоинформатика, объектно-ориентированная методология, динамическая система, итерация, эктор.

Во второй половине XX в. на смену индустриальному этапу развития человечества приходит новый — информационный этап. Вместе с общим развитием информатики в последние десятилетия сформировалась и развивается *геоинформатика* [1–5].

Следует отметить, что применение существующих методов исследования операций и интегрированных горно-геологических систем для решения задач сложных динамических систем и (или) их моделирования осложняется следующей проблемой: с увеличением в них числа переменных происходит стремительный рост сложности самих систем, что делает невозможным написание кодов и создание их программного обеспечения. Поэтому на практике такие задачи решаются в следующем порядке: сначала

производится декомпозиция системы на отдельные части; в пределах этих частей выполняются расчеты; полученные решения без достаточно полного учета всех взаимосвязей и характера взаимовлияния множества параметров и показателей друг на друга, а также влияния внешних компонентов на внутрисистемные показатели объединяются в единое целое. Такие решения проблем сложных систем не могут привести к удовлетворительным результатам [3–5]. В работе [3] предложен новый порядок расчетов при определении границ карьерного поля и главных параметров карьера. Сначала рассматриваются варианты конечных границ карьера, а затем в выбранных границах — варианты производительности карьера A_p . Далее, согласно технико-экономическим расчетам, принимается оптимальная производительность карьера A_{opt} , на основании которой рассчитывается срок отработки карьерного поля T_r . Полученные таким образом параметры (оптимальную глубину карьера H_{opt} и производительность карьера A_{opt}), строго говоря, нельзя признать оптимальными. Далее авторы предполагают, что для получения достаточно обоснованных результатов уже на первом шаге необходимо в каждом оцениваемом варианте глубины принимать несколько вариантов A_p . Другими словами, целью

становится оптимизация не отдельных параметров, а оптимизация их взаимозависимых сочетаний. Подобный метод оптимизации сочетания параметров приемлем только на первоначальных этапах расчетов и освоения месторождений.

Коммерциализация промышленных отраслей требует все более эффективных и качественных программных продуктов. При этом разработчики программного обеспечения не в состоянии полностью удовлетворить растущий спрос. Для быстрой и качественной разработки программного обеспечения еще не созданы полноценные автоматизированные процессы, которые можно реализовывать и повторять, а результаты действий которых можно было бы предсказать. Вместе с совершенствованием теории вы-

числительных систем и созданием целого ряда объектно-ориентированных языков программирования, таких, как Simula, Smalltalk, Java, Lisp, Visual Basic, C+++, Objective-C, Object-COBOL, Eiffel и др., за рубежом появились фундаментальные теоретические и прикладные работы, посвященные созданию программно-функциональных комплексов сложных систем [6–10].

В 1997 г. в США Группа управления объектами OMG (Object Management Group) приняла объектно-ориентированный язык визуального моделирования UML (Unified Modeling Language) как стандартный язык визуального моделирования, соответствующий промышленным стандартам [4–10].

Объектно-ориентированная методология (OOM), а также рациональный унифицированный процесс создания программного обеспечения RUP (Rational Unified Process) и разработанные на этой основе технологии решения проблем больших и сложных динамических систем в настоящее время нашли широкое применение за рубежом. К началу 2005 г. OOM применяли многие компании в различных прикладных областях, в больших, средних и малых проектах, что доказывает ее универсальность и широкую применимость. Назовем лишь несколько отраслей и компаний, в которых применяется описываемая методология решения этой проблемы [7, 8]:

- телекоммуникация: Ericsson, Alcatel, MCI;
- транспорт, авиационно-космическая отрасль, оборонная промышленность: Lockheed-Martin, British Aerospace;
- промышленность: Xerox, Volvo, Intel;
- финансы: Visa, Merrill Lynch, Schwa;
- интеграторы систем: Ernst & Young, Oracle, Deloitte & Touche.

Методология позволяет создавать целостную систему в виде комплекса взаимосвязанных моделей и переводить это в реальный программный продукт. Унифицированный язык моделирования UML объединил лучшие современные технические приемы разработки программных средств для сложных систем. Методология предусматривает установление основных требований к системе на базе ее трех основных положений: строительных блоков языка UML; правил, устанавливающих сочетания строительных блоков, и общих для языка механизмов, посредством которых компоненты системы могут «сотрудничать» друг с другом и действовать в соответствии с требованиями системы. Процесс RUP обеспечивает возможность разработки программного обеспечения полнофункциональной сложной динамической системы, в том числе и в области недропользования.

Создание программного обеспечения сложной динамической системы формируется путем построения диаграмм структуры, (классов, композитной структуры, пакетов, объектов, компонентов и развертывания), диаграмм поведения (вариантов использования, деятельности и конечного автомата) и диаграмм взаимодействия (последовательности, коммуникаций, взаимодействия и временных диаграмм). Разработка процесса жизненного цикла создания программного обеспечения представляет собой упорядоченный набор видов деятельности, осуществляемый и управляемый в рамках точно определенной хронологической последова-

тельности действий. Процесс представляется четырьмя базовыми элементами моделирования: роли исполнителя — кто; видами деятельности — как; артефактами — что; технологическими процессами — когда. Все это предусматривает управление вариантами применения процессов, сконцентрированных на качестве архитектуры системы, и использование итеративно-инкрементного пошагового процесса.

Технология разработки программного обеспечения системы на модели жизненного цикла развивается по двум измерениям: по горизонтальной оси времени жизненный цикл делится на четыре фазы: «Исследование», «Конструирование», «Построение» и «Внедрение», которые описывают динамическую структуру и процессы технологических потоков, разделенных фазовыми контрольными точками, а по нижней шкале планируется и осуществляется целенаправленный итеративно-инкрементный процесс, контролируемый собственными контрольными вехами [6–10].

По вертикальной оси компоненты процесса жизненного цикла делятся на шесть основных технологических потоков, описывающих статическую структуру процесса: «Моделирование производства», «Требования», «Анализ и проектирование», «Реализация», «Тестирование» и «Развертывание», а также три вспомогательные операции поддержки: «Управление конфигурацией и изменениями», «Управление проектом» и «Управление средой». Технологические процессы можно представить как диаграмму последовательности, диаграмму взаимодействия и (или) диаграмму видов деятельности.

Итеративно-инкрементный подход состоит в том, что проект разбивается на несколько последовательных итерационных мини-каскадных частей, каждая из которых представляет собой полный мини-каскадный цикл. При этом каждая итерация имеет свою конкретную цель и создает базовую версию системы, в том числе и подсистем, агрегатов и отдельных объектов, которые используются для внутреннего (или внешнего) анализа и рассмотрения наборов утвержденных артефактов, сгенерированных на каждой конкретной итерации. Каждая базовая версия представляет основу для дальнейшего рассмотрения и разработки и может изменяться только через формальные процедуры управления конфигурацией и изменениями.

При выполнении «Проектов промышленной разработки месторождений твердых полезных ископаемых» план (последовательность) моделирования и итераций может иметь следующий вид:

- разработка (адаптация) и уточнение математической модели месторождения и карьера;
- исследование полноты и качества исходных данных, построение альтернативных вариантов границ карьерного поля с оценкой их главных параметров и учетом решений, принятых на предпроектных стадиях;
- определение принципов расчета и значений граничных коэффициентов вскрыши;
- выделение участков (районирование) прибортовых массивов горных пород по фактору их устойчивости с дифференциацией по секторам, глубине и этапам разработки; выбор устойчивых углов наклона уступов и конструктивных элементов граничных

бортов и временно нерабочих бортов (ВНБ) (при поэтапной разработке) карьерного поля;

- выбор формы и размера целиков, их объема при поэтапной разработке; параметров и показателей конструкции ВНБ, ограничивающих целики со стороны выработанного пространства, определение сроков существования ВНБ, технологии и порядка их переноса (частичного или полного) и ликвидации;
- уточнение конечных границ карьерных полей; горно-геометрический анализ месторождения и выбор направления развития и режима горных работ; распределение объема горных работ во времени и в пространстве;
- анализ фронта горных работ, выбор расположения рабочих блоков в панелях рабочих горизонтов, ориентация экскаваторных заходок относительно положения и протяженности фронта уступов и расчет альтернативных вариантов производительности карьера по полезному ископаемому и вскрышным породам в соответствии с техническим заданием и регламентом на проектирование;
- выбор технологии и комплексной механизации горных работ;
- выбор системы разработки и ее параметров;
- выбор технологии и комплексной механизации буровзрывных работ, определение параметров и показателей;
- выбор технологии выемочно-погрузочных работ, определение параметров и показателей;
- выбор карьерных грузопотоков и технологии комплексов горнотранспортных работ, определение параметров и показателей;
- установление схем вскрытия карьерного поля, технологии подготовки рабочих горизонтов, определение параметров и показателей;
- выбор способа и технологии отвалообразования; расчет устойчивых откосов ярусов, конструкций бортов отвалов и несущей способности оснований отвалов; выбор рациональных транс-

портных схем и иных коммуникаций на отвальных работах, определение параметров и показателей;

- анализ динамики формирования и развития фронта горных работ в карьере по альтернативным вариантам и этапам разработки месторождения с выделением активных и пассивных участков фронта во времени и в пространстве; уточнение годовой производительности карьера по руде и вскрыше, определение параметров и показателей;
- уточнение кондиций и выбор рационального календарного плана горных работ и альтернативных вариантов;
- выбор технологии формирования качества продукции и отгрузки ее потребителям, параметры и показатели;
- определение главных параметров карьерного поля, уточнение режима горных работ и производительности карьера по руде и вскрыше; расчет технико-экономических показателей и параметров разработки месторождения;
- установление границ горного и земельного отводов, проектирование генплана и наземных зданий и сооружений; определение условий примыкания карьерных коммуникационных сетей к существующим сетям;
- выбор и расчет системы осушения карьерного поля, энерго-, водо- и теплообеспечения промышленных и вспомогательных объектов карьера; проектирование канализации и отвода промышленных и бытовых отходов с территории промплощадки;
- группа мероприятий по обеспечению комфортных и безопасных условий труда, техники безопасности, пожаробезопасности, разработка декларации промышленной безопасности;
- разработка раздела проекта «Охрана окружающей среды»;
- расчет эффективности альтернативных вариантов промышленной разработки месторождения и технико-экономического обоснования принятых проектных решений [1, 3].

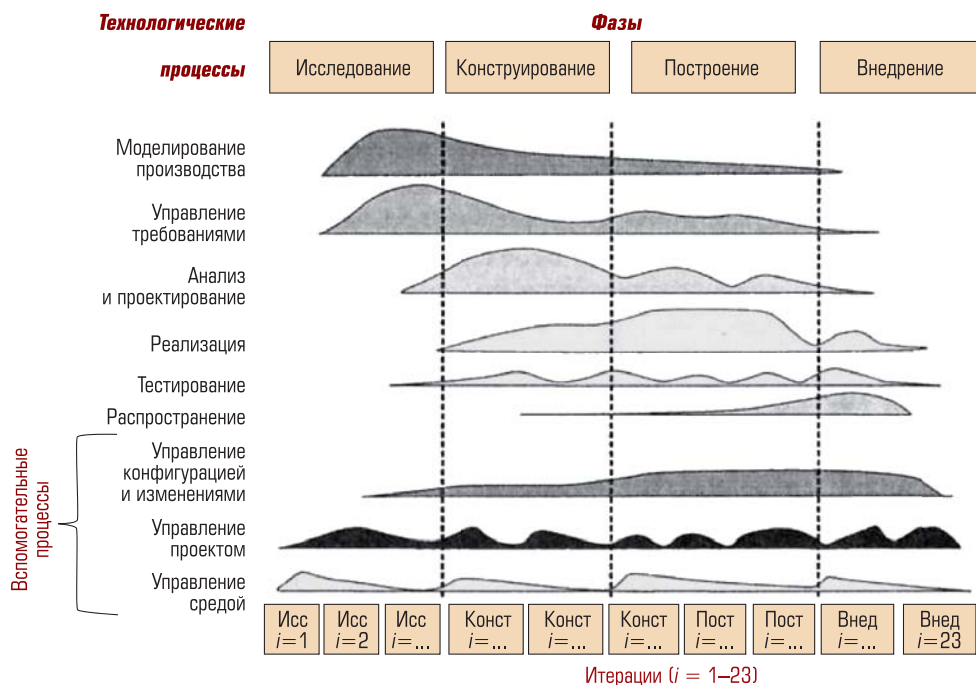


Рис 1. Жизненный цикл создания программного продукта сложной динамической системы

При разработке программного обеспечения сложной динамической системы одна из основных целей заключается в создании хорошо структурированной объектно-ориентированной архитектуры системы посредством итеративно-инкрементного цикла технологии разработки в виде последовательной серии итераций, обеспечивающей выявление технических рисков и их смягчение в процессе разработки на каждой итерации. На рис. 1 приведен жизненный цикл процессов разработки программного продукта сложной динамической системы, предусматривающий разграничение между работами, направленными на исследование и разработку, и работами, направленными на производство. Стадия разработки в рамках жизненного цикла включает планы, требования и архитектуру. Это позволяет снимать связанные с работой риски. На стадии производства создаются работающие версии программного объекта, реализующие некоторую функциональную возможность в контексте основных планов [4–10], требований и архитектуры, полученных на стадии разработки.

Моделирование выполняется по всем видам деятельности технологических потоков производства, требований, анализа и проектирования, реализации и тестирования и всем фазам модели жизненного цикла разработки проекта с использованием вспомогательных процессов управления конфигурацией и изменениями, управления проектом и управления средой.

При технологическом процессе производства цели моделирования состоят в следующем:

- определить предметную область и выполнить структурные исследования, установить архитектуру и динамику системы;
- показать и согласовать целевую организацию экторами и системой;
- определить функциональные и общие требования к системе;
- исследовать и оценить зависимости между целями моделей производства и моделями прецедентов, проектирования, реализации и тестирования.

Моделирование предметной области осуществляется с выделением и идентификацией компонентов предметной области и концептуализацией последней.

В процессе разработки потоков жизненного цикла модели развиваются постепенно, от одной итерации к другой и от одной фазы к следующей, проходя свои контрольные точки с достижением при этом определенных целей. Язык UML предусматривает иерархию в процессе моделирования, состоящую из четырех уровней: метамодели (M3); метамодели (M2); модели (M1) и модели объектов и (или) экземпляров (MO) в структуре модельных представлений. При этом метамодели (M3) образуют формально-логическую основу для всех возможных метамодельных представлений на самом высоком уровне абстракции и являются наиболее компактным их описанием, необходимым для определения языка спецификаций метамodelей. Метамодель является экземпляром и (или) конкретизацией метамодели на более конструктивном уровне и обладает более развитой семантикой базовых понятий (класс, атрибут, операция, компонент, ассоциация и др.). Модель является экземпляром метамодели. Во всех случаях элементы системы должны взаимо-

действовать друг с другом для совместного обеспечения требуемого поведения и выполнения вариантов использования. При этом информация результатов проектирования должна содержать проектную документацию, необходимую и достаточную для строительства карьера.

Модель вариантов использования и модели прецедентов разрабатываются в составе потока управления требованиями и являются основными источниками для моделирования объектов и классов.

Семантика построения диаграммы вариантов использования определяется особенностями элементов модели. Отдельный экземпляр варианта использования по своему содержанию является выполнением последовательности действий, который инициализируется посредством экземпляра сообщения от экземпляра актора. В качестве отклика или ответной реакции на сообщение актора выполняется последовательность действий, установленная для данного варианта использования. При этом акторы могут генерировать новые сообщения для инициирования вариантов использования. На рис. 2 представлена диаграмма вариантов использования

Определение требований выполняется в фазах «Исследование» и «Конструирование» и представляется в виде потока событий. Он заключается в последовательности коротких этапов, декларативных, пронумерованных во времени. Каждый этап потока прецедента должен быть выражен в следующей форме: <номер> <кто-либо> <совершает некоторое действие>.

Функциональное требование — это формулировка того, что должна делать система, т. е. это описание назначения системы. Моделирование прецедентов — это форма выработки требований. Модель требований объединяет функциональные и нефункциональные требования так называемым традиционным способом. Моделирование прецедентов — это другой, дополнительный способ выявления и документирования требований.

Моделирование прецедентов обычно происходит следующим образом: устанавливаются границы потенциальной системы; выявляются акторы; выявляются прецеденты; устанавливаются основные альтернативные потоки; предыдущие шаги повторяются, пока акторы и границы системы не стабилизируются. Прецеденты — это способ записи требований и описание последовательности действий, включая альтернативные и ошибочные последовательности, которые система, подсистема, агрегат или класс могут осуществлять, взаимодействуя с внешними субъектами (экторами). Прецедент описывает поведение, демонстрируемое системой с целью получения значимого результата для одного или более субъектов. Детализация прецедентов показывает исполнителей и деятельности, вовлеченные в конкретный рабочий поток. Результат этой деятельности — модель прецедентов. В этой модели четыре компонента:

- граница системы — прямоугольник, очерчивающий прецеденты для обозначения края, или границы моделируемой системы; в UML-2 эту границу называют контекстом системы;
- акторы — роли, выполняемые людьми или сущностями, использующими систему;

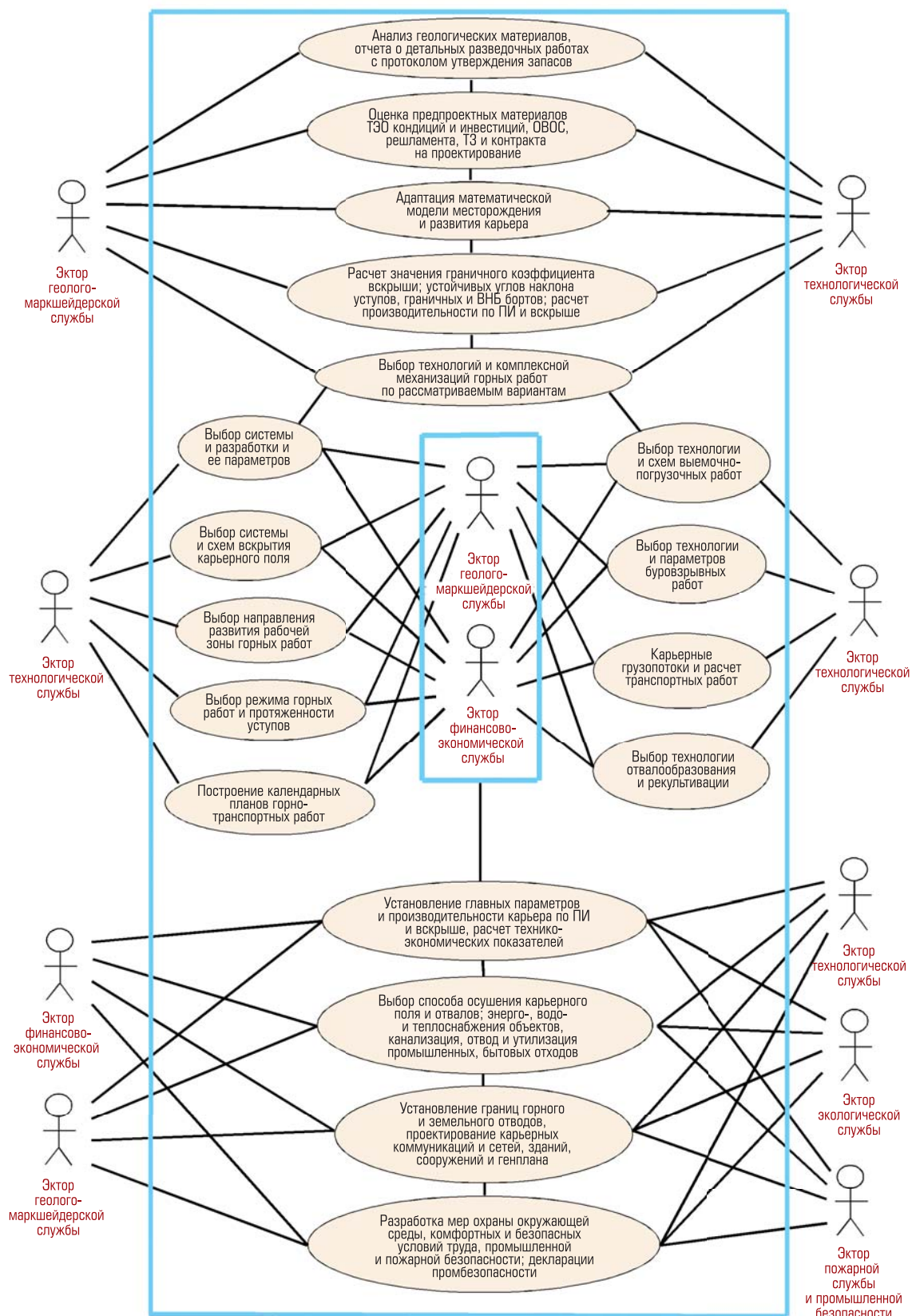


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования

Таблица 1. Прецедент «Буровой блок — Скважина»

<p>Краткое описание</p> <p>Подготовить и обурить в соответствии с типовым паспортом буровзрывных работ каждый взрываваемый рабочий буровой блок X_i, где $i = 1, 2, \dots, l$ — номера буровых блоков в карьере для размещения в скважинах зарядов ВВ и их взрыва с целью рыхления скальных и полускальных горных пород и повышения эффективности выемочно-погрузочных и транспортных работ.</p> <p>Главные экторы: эктор геолого-маркшейдерской службы и экторы-технологи по буровзрывным работам.</p> <p>Второстепенные экторы — технологи горного производства и реализации программного обеспечения</p>
<p>Предусловие</p> <p>Размеры рабочих буровых блоков, расположенных на горизонте h в секторах i, j карьерного поля для размещения в скважинах ВВ и последующего их взрывания, являются видимыми и должны соответствовать типовому паспорту обуривания каждого сектора i, j рабочего блока n_j.</p> <p>Каждый сектор i, j рабочего блока n_j должен быть подготовлен для бурения заданным в паспорте бурения рабочего блока видом и типом бурового оборудования.</p> <p>Ширина рабочего блока, предусмотренного для бурения, вместе с шириной транспортной полосы и полосой ЛЭП согласно паспорту рабочей площадки должна быть не меньше минимально допустимой ширины рабочей площадки, предусмотренной для данной технологии производства.</p> <p>Расчетная производительность бурового оборудования в рабочем блоке n_j должна соответствовать принятой в паспорте технологии бурения с учетом категории и класса пород на данном блоке, а также данных практики в соответствии с «Классификацией горных пород по буримости»</p>
<p>Основной поток</p> <p>Прецедент начинается, когда поверхность блока подготовлена для бурения и имеется возможность подключения буровых станков к электросети; произведена маркшейдерская съемка рабочего блока; уточнены его границы и определена сетка расположения скважин на рабочем блоке с фиксацией точек устья и глубины бурения каждой скважины n_j, составлен паспорт бурения сети скважин на блоке и график выполнения буровых работ с определением объема и необходимого времени для обуривания блока.</p> <p>Буровые станки подключают к электросети, и буровые бригады приступают к бурению взрывных скважин в соответствии со схемой и графиком последовательности бурения скважин и перемещения станков на блоке.</p> <p>После завершения бурения скважин буровой обуренный блок n_j сдается уполномоченному соответствующим приказом представителю технадзора</p>
<p>Постусловия</p> <p>Выполняется маркшейдерская съемка сетки скважин обуренного блока с контрольными замерами глубины пробуренных скважин и составляется проект взрыва.</p> <p>С блока n_j буровые станки перемещаются за пределы опасной зоны и (или) на следующий подготовленный для бурения блок.</p> <p>Из опасной зоны блока n_j демонтируются и переносятся за ее пределы все вспомогательное оборудование, участки ЛЭП, электросиловое и иное оборудование, которое находилось ранее в пределах опасной зоны блока</p>
<p>Альтернативные потоки</p> <p>Нет</p>

Таблица 2. Прецедент «Зарядка — Монтаж сети взрывания — Взрыв»

<p>Краткое описание</p> <p>Подготовка взрыва: доставка ВВ на блок n_j; разнос ВВ по блоку на каждую скважину в соответствии с его расчетным количеством и конструкцией скважинного заряда согласно проекту взрыва; доставка на блок средств взрывания; зарядание скважин, их забойка; отгон горного и иного оборудования и подвижных средств за опасную зону, а также людей из опасной зоны и карьера; оцепление опасной зоны района взрыва и соответствующее оповещение о производстве взрывных работ; монтаж взрывной сети; производство взрыва; проверка состояния взорванного блока, карьерных коммуникаций и оборудования после взрыва; на взорванном участке уступа выполняются (при необходимости) ремонтно-восстановительные работы; снятие оцепления; монтаж и восстановление коммуникаций и приведение сетей и оборудования в рабочее состояние.</p> <p>Главные экторы: геолого-маркшейдерская служба, технологическая служба.</p> <p>Второстепенные экторы: технологическая служба, служба пожарной и промышленной безопасности, финансово-экономическая служба</p>
<p>Предусловие</p> <p>Полная готовность после размещения зарядов в скважинах обуренного блока, полностью выполненного монтажа взрывной сети, подготовки укрытий и серии скважин на блоке к взрыву с полным учетом выполнения всех требований безопасности при производстве взрывных работ</p>
<p>Основной поток</p> <p>Осуществление работ по подготовке блока к взрыву: уточнение параметров сети скважин на блоке, и в том числе их глубины и соответствия паспорту обуривания блока.</p> <p>Доставка ВВ на блок, их разнос по скважинам и забойка скважин; доставка на блок средств взрывания; зарядка-монтаж взрывной сети и выполнение взрыва.</p> <p>Осмотр развала взорванных горных пород и участка карьера, примыкающего к взорванному блоку, объектов горного, транспортного и энергетического оборудования и коммуникаций.</p> <p>Восстановление рабочего состояния оборудования и коммуникаций.</p> <p>Завершение взрывных работ и снятие сигналов о производстве взрывных работ и оцепления</p>
<p>Постусловия</p> <p>Полное восстановление карьера, приведение его горнотранспортного основного и вспомогательного оборудования в рабочее состояние</p>
<p>Альтернативные потоки</p> <p>Нет</p>
<p>В соответствии с «Требованиями промышленной безопасности при взрывных работах» необходим:</p> <p>выбор способа подготовки горных пород к выемке:</p> <p><i>исходные данные:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • вид, тип, агрегатное состояние, свойства горных пород (в том числе физико-механические свойства) и природные условия ведения горных работ; • производительность карьера по полезному ископаемому и вскрыше; • районирование карьерного поля (составление карт) путем выделения вдоль фронта работ (с фиксацией) по уступам однородных по буримости и взрываемости блоков и участков пород, а также классификация пород по буримости и взрываемости, в том числе на аналогичных предприятиях, выявленных по данным практики на основе фактического расхода ВВ, выхода негабарита, с кратким описанием пород

- прецеденты — то, что экторы могут делать с системой;
- отношения — значимые отношения между экторами и прецедентами.

В статье приведен пример прецедентов «Буровой блок — Скажина» (табл. 1) и «Зарядка — Монтаж сети взрывания — Взрыв» (табл. 2) [7].

Основная цель выполняемых АО «ССГПО» и ИГД им. Д. А. Кунаева исследований и опытно-конструкторских работ направлена на создание целенаправленной, целостной, полнофункциональной системы автоматизированного проектирования железорудных карьеров, которая обеспечит устойчиво воспроизводимую технологию создания проектов железорудных карьеров в автоматизированном режиме.

Автоматизация процессов проектирования позволит проектировщикам исследовать реакцию показателей проекта и его эффективности на изменение:

- геологических исходных данных и технологий разработки месторождений;
- комплекса оборудования с различными принципами действия и технологий переработки минерального сырья;
- порядка и направления развития горных работ и ввода в действие рациональных систем разработки и вскрытия карьерного (шахтного) поля;
- экономических показателей, а также ситуации на рынке.

Разработанное программное обеспечение позволит разрабатывать проекты карьеров на основе различных целевых установок с одной или группой целей и системой различных ограничений.

Библиографический список

1. Трубецкой К. Н., Мельников Н. Н., Пучков Л. А. и др. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли. — М.: Академия горных наук, 1997. — 478 с.
2. Научные основы проектирования карьеров / под общ. ред. В. В. Ржевского, М. Г. Новожилова, Б. П. Юматова и др. — М.: Недра, 1971. — 598 с.
3. Хохряков В. С., Корнилов С. В., Лель Ю. И., Стариков А. Д., Терехина Ю. В. Новое в теории оптимизации проектирования открытых горных работ // Известия вузов. Горный журнал. 2005. № 5. С. 7–13.
4. Букейханов Д. Г., Турдахунов М. М. Новые технологии создания систем автоматизированного проектирования сложных динамических систем недропользования // Геология и охрана недр. 2012. № 3(44). С. 66–73.
5. Жарменов А. А., Букейханов Д. Г., Турдахунов М. М., Бекмурзаев Б. Ж., Сьедин В. Ф. Геоинформационные объектно-ориентированные технологии разработки системы автоматизированного проектирования карьеров. — Алматы: НЦНТИ, 2011. — 222 с.
6. Arlow J., Neustadt I. UML2 and the Unified Proctss. Addison-Wesley Publishing Company, 2008. — 621 p.
7. Kruchten Ph. The rational unified process: an introduction. Reading, MA: Addison-Wesley, 2000. — 298 p.
8. Kruchten Ph., Kroll P. The rational unified process made easy: a practitioner's guide to the RUP. Boston: Addison-Wesley, 2003. — 416 p.
9. Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. The Unified Modeling Language User Guide. Addison-Wesley Publishing Company, 2007. — 496 p.
10. Graham I. Object-Oriented Methods. Principles & Praclion. Addison-Wesley Publishing Company, 2004. — 880 p. [PDF](#)

Турдахунов Мухамеджан Мамаджанович,
e-mail: president@ssgpo.enrc.com
Букейханов Диас Габдулхакимович,
e-mail: d.bukeikhanov@mail.ru
Галиев Сейтгали Жолдасович,
e-mail: seitgaligaliyev@mail.ru

PRINCIPLES OF CREATION OF SYSTEM OF AUTOMATED DESIGNING OF IRON-ORE OPEN PITS WITH APPLICATION OF OBJECT-ORIENTED METHODOLOGY

Turdakhunov M. M.¹, President, Candidate of Engineering Sciences

Bukeykhanov D. G.¹, Head of Department of Geotechnology, Mine Systemology and Subsoil Research, Doctor of Engineering Sciences, e-mail: d.bukeikhanov@mail.ru

Galiev S. Zh.¹, Vice-President, Doctor of Engineering Sciences

¹ «Sokolovsko-Sarbaiskoe Mining and Concentration Production Association» JSC (Rudny, Kazakhstan)

This article describes the appearance of geoinformation as new branch of informatics in the area of Earth science and development on its basis of geoinformation graphic systems and technologies, databases and systems of databases development. There are defined the basic disadvantages of the given systems in the time of solving of integral tasks of large and complex dynamic systems and their modeling. Creation of object-oriented methodology and use of Unified Modeling Language and technologies, developed on this basis, make possible to solve the problems of large and complex dynamic systems in various applied areas, including subsoil-use. There are shown the basic approaches and principles of creation of automated designing system, using object-oriented methodology, making possible to develop the projects of open pits on the basis of various targets with one purpose or group of purposes and system of various limitations.

Key words: geoinformatics, object-oriented methodology, dynamic system, iteration, ector.

REFERENCES

1. Trubetskoy K. N., Melnikov N. N., Puchkov L. A. et al. *Gornye nauki. Osvoenie i sokhranenie nedr zemli* (Mining sciences. Mastering and saving of subsoils). Moscow: Academy of Mining Sciences, 1997, 478 p.
2. *Nauchnye osnovy proektirovaniya karerov* (Scientific basis of mastering of open pits). Under the general editorship of V. V. Rzhveskiy, M. G. Novozhilov, B. P. Yumatov et al. Moscow: Nedra, 1971, 598 p.
3. Khokhryakov V. S., Kornilov S. V., Lel Yu. I., Starikov A. D., Terkhina Yu. V. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal – Proceedings of universities. Mining Journal*, 2005, No. 5, pp. 7–13.
4. Bukeykhanov D. G., Turdakhunov M. M. *Geologiya i okhrana nedr – Geology and Protection of Subsoils*, 2012, No. 3 (44), pp. 66–73.
5. Zharmenov A. A., Bukeykhanov D. G., Turdakhunov M. M., Bekmurzaev B. Zh., Sedin V. F. *Geoinformatsionnye obektno-orientirovannye tekhnologii razrabotki sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya karerov* (Geoinformation object-oriented technologies of development of system of automated designing of open pits). Almaty: National Centre of Scientific-technical Information, 2011, 222 p.
6. Arlow J., Neustadt I. UML2 and the Unified Proctss. Addison-Wesley Publishing Company, 2008, 621 p.
7. Kruchten Ph. *The rational unified process: an introduction*. Reading, MA: Addison-Wesley, 2000, 298 p.
8. Kruchten Ph., Kroll P. *The rational unified process made easy: a practitioner's guide to the RUP*. Boston: Addison-Wesley, 2003, 416 p.
9. Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. *The Unified Modeling Language User Guide*. Addison-Wesley Publishing Company, 2007, 496 p.
10. Graham I. *Object-Oriented Methods. Principles & Praclion*. Addison-Wesley Publishing Company, 2004, 880 p.