УДК 622.658

Г.Ю.СЕДЫХ, *главный инженер проектов, sedykh@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

G.Yu.SEDYKH, *chief engineering manager, sedykh@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРНО-ДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Главным инструментом проектирования и основополагающим средством, обеспечивающим взаимодействие участников инвестиционного процесса, являются инновации на базе информационных технологий. Каждое рабочее место проектировщика обеспечивается необходимыми техническими и программными средствами, позволяющими создать общекорпоративную информационную систему автоматизированного проектирования. Предложен алгоритм внедрения в практику работы российских инжиниринговых компаний современных прикладных информационных систем. Приведен пример выполнения части разделов «Регламента на отработку подземным способом прибортовых и подкарьерных запасов Коашвинского месторождения ОАО «Апатит» с применением современных специализированных компьютерных горно-геологических систем.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования горно-добывающих предприятий; трехмерное моделирование месторождения; управление проектами.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN DISIGNING OF MINING ENTERPRISES

At present, the principal instrument in designing and basic means providing the interaction of participants of the innovation process appear to be the innovations on the base of information technologies. Each working place of a designer is equipped with necessary technical and software facilities, allowing to create the common corporative information System of Automated Designing. The author suggests the algorithm for implementing into practice achievements of Russian engineering companies of modern applied information systems. An example is given of completion of items of sections of «Regulations for underground mining method of near–bank side and sub-quarry reserves of the Koashva deposit of OJSC "Apatit"» with the application of modern specialized computer geological-and-mining systems.

Key words: system for automated designing of mining plants; 3D-modeling of a deposit; control of projects.

Стратегически важным направлением в проектной деятельности становятся работы по созданию интегрированной корпоративной информационной системы, способной обеспечить на уровне современных требований функционирование всех основных элементов деятельности инжиниринговой организации. Каждое рабочее место проектировщика обеспечивается необходимыми средствами, позволяющими создать общекорпоративную информационную систему автоматизированного проектирования (САПР).

Цели создания общекорпоративной САПР:

- формирование корпоративной культуры совместной работы всех участников процесса проектирования;
- концентрация усилий на организации передачи непротиворечивой информации от одного специалиста к другому;

• создание механизмов, обеспечивающих сохранность данных всех участников процесса;

• управление технической информацией проекта на протяжении жизненного цикла объекта, от задания на проектирование до ликвидации.

Внедрение в практику работы инжиниринговых компаний современных прикладных информационных систем отстает от передовых зарубежных организаций и требует первоочередного развития. Имеющиеся примеры успешного внедрения информационных технологий в проектную деятельность представляют собой набор отдельных локальных решений.

Для придания системе статуса общекорпоративной необходимо разработать и утвердить стандарты на системообразующие программные средства и платформы: управление проектами; электронный документооборот; трехмерное проектирование; лазерное сканирование; геоинформационные системы; управление технической информацией на протяжении жизненного цикла объекта.

Внедрение информационных систем не должно ограничиваться потребностями и возможностями научных и проектных подразделений, поскольку основной эффект от их применения будет получен в период строительства и эксплуатации объекта. В немалой степени успех внедрения информационных систем зависит и от заинтересованности заказчиков.

В настоящее время практически не используется единое информационное пространство и средства для выполнения совместных работ исполнителем и заказчиком. Необходимо создать информационное пространство, в котором могли бы выполняться совместные работы, а заказчик имел бы доступ к технической и организационной информации о выполняемых работах. Назначение подобных систем – не только качественно и в срок выполнить проектные работы, но и создать необходимые условия для подготовки и выполнения предпроектных работ, планирования, организации и выполнения строительства, проведения пуско-наладочных работ, обучения персонала, эксплуатации (реконструкции) и утилизации предприятия.

Согласно международным стандартам, типовая модель жизненного цикла предприятия включает следующие основные этапы: разработка концептуального и технического проектов; разработка рабочего проекта; заказ и приобретение оборудования и материалов; подготовка строительства, строительство и монтаж оборудования, пусконаладка и сдача объекта в эксплуатацию; эксплуатация, включая обслуживание и ремонт в процессе эксплуатации; вывод объекта из эксплуатации; демонтаж оборудования и рекультивация территории.

Основной экономический эффект от решения задач эволюции САПР достигается за счет: сокращения времени выполнения и повышения качества проектных работ; сокращения времени при получении информации от заказчика и поставщиков оборудования; сокращение издержек при строительстве за счет уменьшения коллизий и оптимальной организации строительно-монтажных работ; сокращения количества ошибок при передаче данных для заказа оборудования; перехода от бумажных документов к интерактивным электронным техническим руководствам (ИЭТР); сокращения времени и затрат на актуализацию технической документации при эксплуатации; сокращения времени планирования операций по техническому обслуживанию и ремонту; снижения стоимости эксплуатационной документации; применения трехмерных электронных моделей и ИЭТР для обучения технического персонала.

Требования к функциональности САПР следующие:

• обеспечение высокого качества проектных работ за счет использования нормативов и правил, заданных в базе данных элементов трехмерной модели, а также за счет автоматической проверки на коллизии компоновочных решений и автоматизированного экспорта трехмерной модели в прикладные приложения для выполнения расчетов;

• возможность проводить всесторонний и точный анализ принимаемых компоновочных решений в процессе проектирования;

• предоставление заказчику возможности визуальной оценки компоновочных решений с помощью трехмерной модели;

• обеспечение высокого качества проектной документации путем генерации значительного объема документации (чертежи, спецификации и т.д.) в автоматическом или полуавтоматическом режимах непосредственно из трехмерной модели;

• предоставление заказчику возможности моделировать процесс строительства и монтажа путем совместного использования трехмерной модели и календарного графика;

• возможность вносить необходимые изменения в трехмерную модель в процессе строительства и монтажа с последующим выпуском исполнительной документации непосредственно из модели;

• информационное обеспечение обучения эксплуатационного персонала;

• передача всей информации, содержащейся в трехмерной модели, включая трехмерную графику и атрибутивную информацию, в единое хранилище технической информации и предоставление возможности навигации по трехмерной модели;

• возможность создания компьютерной трехмерной модели существующего промышленного объекта;

• визуализация трехмерного расположения существующего объекта непосредственно в графической среде проектирования вместе с трехмерной моделью объекта;

• возможность выполнения проверки на коллизии существующих и проектируемых элементов;

• на стадии авторского надзора – осуществление деформационного мониторинга и контроля взаимного положения конструкций;

• на стадии эксплуатации – создание баз данных технической информации по объекту, выделение растровых объектов с привязкой к атрибутивной информации, измерение параметров объектов на основе растровой информации.

Остановимся более подробно на управлении проектами и трехмерном проектировании, так как эти направления являются основополагающими при создании общекорпоративной САПР и тесно связаны между собой.

Основу концепции управления проектами составляет взгляд на проект как на изменение исходного состояния любой системы, связанное с затратой времени и средств. Процесс изменений осуществляется в рамках бюджета и временных ограничений по заранее разработанным правилам. Ключевым фактором успеха проектного управления является наличие четкого заранее определенного плана минимизации рисков и отклонений от него (в отличие от процессного, функционального управления, управления уровнем услуг). К настоящему времени управление проектами стало признанной во всех промышленно развитых странах методологией инвестиционной деятельности.

В основе современных методов управления проектами лежат методики структуризации работ и сетевого планирования, разработанные в конце 50-е гг. XX в. в США. Руководство по управлению проектами распределяет все процессы управления проектами по девяти областям: интеграция; содержание; сроки; стоимость; качество; человеческие ресурсы; коммуникации; риски; поставки.

План управления является основным документом, с которого должен начинаться любой проект.

В плане управления проектом должно быть отражено:

• содержание и границы проекта;

• ключевые вехи проекта;

• плановый бюджет проекта;

• предположения и ограничения;

• требования и стандарты.

Для выполнения инжиниринговых задач в проектных организациях и для инженерного обеспечения ведения горных работ на эксплуатируемых месторождениях успешно применяют программные продукты горно-геологического назначения. Трехмерная модель месторождения позволяет инженеру-технологу при оперативном проектировании и планировании горных работ определять качественные характеристики горной массы в любой точке пространства и в любом объеме, получать сечения рудных тел и горных выработок в любых направлениях. При необходимости помимо качественных

показателей руды в модель вносятся и физико-механические свойства массива горных пород, данные о технологических свойствах руд и многое другое. Наличие таких данных позволяет получить распределение в пространстве технологических сортов руд и различных по своим физико-механическим свойствам пород.

Трехмерная электронная модель объекта на предпроектной стадии используется для представления заказчику концепции проектируемого объекта в виде виртуального электронного макета с возможностями облета вокруг, прохода внутри. На стадии проектирования модель значительно повышает качество проектных решений за счет быстрого обнаружения критических точек проекта, контроля коллизий, ускорения выпуска рабочей документация. На стадиях строительства и эксплуатации модель является интеллектуальным визуализатором (навигатором) по базе данных технической информации промышленного объекта.

Одной из главных задач, решаемых в рамках предпроектных и проектных работ, является определение рациональных границ карьера, позволяющих вовлечь в отработку часть запасов месторождения, которые обеспечивают наиболее высокие экономические показатели проекта. В общепринятой практике (при традиционных методах подсчета запасов) рациональные параметры карьера определяются методом сопоставления значений контурного и граничного (экономически допустимого) коэффициентов вскрыши. В современной международной практике оптимизация контуров карьеров по экономическим критериям производится с использованием программ-оптимизаторов, работающих с блочными компьютерными моделями месторождений (Whittle Technology, NPV Scheduler, MaxiPit и др.).

В программах-оптимизаторах используется широко известный и повсеместно используемый алгоритм Лерча – Гроссмана, а сопоставление расчетного граничного коэффициента с контурным (слоевым) и средним эксплуатационным коэффициентами вскрыши выполняется в качестве вспомогательного метода для оценки корректности компьютерной отстройки карьера применительно к локальным участкам месторождения.

Стадия разработки календарного плана обычно завершает процесс проектирования горных предприятий и затем повторяется (при изменении внешних и внутренних условий) с периодичностью в несколько лет.

С переходом инжиниринговых компаний на использование в проектировании трехмерной и блочной моделей месторождения появилась реальная возможность быстрой разработки повариантных календарных планов отработки месторождения и выбор оптимального. При этом в календарном плане учитывается обширный набор ограничителей, таких как:

- распределение полезного ископаемого в пространстве;
- производительность и количество технологического оборудования;
- направления ведения горных работ;
- режим работы предприятия;
- наличие, количество складов полезного ископаемого и необходимость шихтовки;
- требование потребителей к качеству полезного ископаемого и др.

Использование информационных технологий для календарного планирования горных работ позволяет достичь производительности горно-добывающего предприятия, обогатительной фабрики и металлургического завода, которая будет оптимальна с точки зрения логистических, финансовых, маркетинговых и других ограничений.

Применение трехмерной модели месторождения на стадии проектирования горных работ позволяет создать горно-геодинамическую модель месторождения, на базе которой выполняется моделирование геомеханических процессов, выделяются зоны повышенного горного давления, тектонически напряженные и геодинамически опасные зоны, прогнозирование геодинамических процессов в массиве горных пород.

В последующем при эксплуатации месторождения на базе геолого-структурной и горно-динамической моделей месторождения создается система прогноза и мониторинга напряженно-деформированного состояния массива горных пород, позволяю-

щая обеспечить геодинамическую безопасность горных работ, инженерных объектов, транспортных магистралей и строений.

Как и большинство проектно-инжиниринговых компаний Научный центр геомеханики и проблем горного производства Горного университета для выполнения предпроектных и проектных работ использует в своей деятельности современные программные комплексы различного назначения. При выполнении одной из последних работ «Разработка регламента на отработку подземным способом прибортовых и подкарьерных запасов Коашвинского месторождения ОАО «Апатит» часть разделов выполнялась с применением современных специализированных компьютерных горно-геологических систем.

С использованием технологии трехмерного моделирования месторождения выполнены:

- анализ изменчивости горно-геологических условий рудных залежей;
- моделирование напряженного состояния подкарьерного участка с учетом влияния карьера и оценки фактора безопасности для анализа устойчивости бортов карьера Коашвинского месторождения (программное обеспечение 3DEC фирмы «Itasca»);
- моделирование проектного контура карьера;
- подсчет прибортовых и подкарьерных запасов Коашвинского месторождения;
- обоснование схемы вскрытия и подготовки запасов, расположения промплощадки проектируемого рудника;
- обоснование оптимальных параметров принимаемых систем разработки;
- обоснование проектных значений потерь и разубоживания руды.

Использование специализированных программных продуктов горно-геологического назначения при создании комплексной трехмерной модели месторождения обеспечивает проектировщику множество преимуществ, а именно:

- сокращаются сроки выпуска проекта;
- к созданию проекта привлекается меньшее число специалистов;
- снижается количество ошибок при проектировании, повышается качество проекта;
- появляется возможность высококачественной визуализации готового проекта;
- реализуется комплексный подход к проектированию объектов различного назначения;
- обеспечивается возможность передачи моделей из одного программного продукта в другие;
- появляется возможность интеграции с заказчиком по обмену данными в трехмерном представлении для создания единого информационного пространства проектируемого объекта с учетом жизненного цикла промышленного предприятия.