

УДК 622.2:621

ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НИОКР В ГОРНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Фаляхов Р.Ф., аспирант гр. ГПа-241, II курс, Амосов А.А., аспирант гр. ГПа-241, II курс
 Научный руководитель: Ермаков А.Н., к.т.н., доцент
 Кузбасский государственный технический университет
 имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

В структуре парка горнодобывающей техники, эксплуатируемой на территории Российской Федерации, доля машин зарубежного производства сохраняется на уровне 50-90% в зависимости от сегмента и региона. Длительный период функционирования отрасли в условиях глобального рынка сформировал модель материально-технического снабжения, ориентированную на прямые закупки оригинальных комплектующих у заводов-изготовителей или их официальных дистрибьюторов [1]. Изменение внешнеполитической и экономической конъюнктуры, введение ограничительных мер и разрыв установленных логистических связей привели к прекращению поставки запасных частей. Одновременно с этим доступ к конструкторской и технологической документации со стороны иностранных производителей был полностью заблокирован. В таблице 1 представлены данные по импортному оборудованию на угольных предприятиях [2].

Таблица 1 – Импортное оборудование на угольных предприятиях, % [2]

Оборудование	%, импорт
Секции крепи	53,6
Очистные комбайны	93,7
Проходческие комбайны	40,0
Погрузочные машины	65
Скребковые конвейеры	8
Ленточные конвейеры	11
Электровозы	79
Дизелевозы	100
Вагонетки, толкатели	0
Многоковшовые экскаваторы	100
Одноковшовые экскаваторы	50
Погрузчики	93,0
Буровые станки	60
Бульдозеры	76,1
Технологические автомобили до 30 тонн	84
Технологические автомобили от 31 до 180 тонн	95

Анализ таблицы 1 показал, что наиболее импортозависимыми позициями более 75 % импорта по горно-шахтному оборудованию являются: многоковшовые экскаваторы и технологические автомобили от 31 до 180 тонн - 95 %, дизельные - 100 %, очистные комбайны - 93,7 %. На угольных предприятиях высокая доля импортного горно-шахтного оборудования, это говорит о том, что у поставщиков оборудования для угольной отрасли нет своей ассоциации, а это неизбежно приводит к сложностям при отстаивании интересов угольного машиностроения в органах государственной власти.

Преобладание импортной техники в ключевых добычных и транспортных процессах требует системного решения, основанного на развитии реверс-инжиниринга и создании национальной базы данных конструкторской документации на узлы горных машин. Приоритетными направлениями для воспроизводства компонентной базы следует считать позиции с максимальной долей импорта, так как именно они определяют технологическую устойчивость угольной отрасли в среднесрочной перспективе.

Реверс-инжиниринг в контексте восстановления парка импортной техники представляет собой регламентированный технологический процесс, направленный на воссоздание конструкторской документации по физическому образцу изделия. Процесс включает несколько последовательных этапов, они показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Этапы реверс-инжиниринга

№	Этап	Описание
1	Получение исходных геометрических данных	Посредством применения технологий лазерного сканирования или фотограмметрии производится оцифровка физического объекта с формированием облака точек [3]
2	Постобработка и параметризация	На основе массива точек строится трехмерная твердотельная модель (CAD-модель). Критически важной задачей на данном этапе является идентификация номинальных размеров с учетом фактического износа исходного образца, а также восстановление предельных отклонений и посадок [4]
3	Материаловедческая экспертиза	Проводится анализ материала изделия, определение марки стали, типа термообработки, твердости рабочих поверхностей. Данные параметры закладываются в конструкторскую документацию для обеспечения требуемого ресурса [5]
4	Верификация модели	Созданная модель проходит проверку на соответствие геометрии, прочностным характеристикам и условиям сопряжения в узле [6]

Результатом реверс-инжиниринга является не просто копия формы, а полноценный комплект конструкторской документации, пригодный для

серийного производства методами литья, механической обработки или аддитивных технологий.

В настоящее время реверс-инжиниринг осуществляется множеством разрозненных субъектов: ремонтными службами предприятий, коммерческими инжиниринговыми фирмами. Это приводит к дублированию работ, нерациональному расходованию ресурсов и отсутствию единых стандартов качества. Предлагаемая концепция национальной базы данных конструкторской документации, полученной методами реверс-инжиниринга, базируется на принципах централизации, стандартизации и коллективного доступа. В основу концепции должны войти следующие положения:

- создание защищенной информационной системы на государственном или отраслевом уровне с функцией распределенного хранения и централизованного доступа;

- система должна обеспечивать поиск по заводскому номеру, по наименованию, а также по геометрическим параметрам. Предусматривается возможность скачивания верифицированных объектов для последующего запуска в производство;

- каталогизация данных осуществляется по иерархическому принципу для лучшего поиска;

- обязательная процедура верификации каждой единицы хранения – экспертная оценка соответствия полученной документации исходному образцу, условиям сопряжения и требованиям промышленной безопасности.

База данных формируется по накопительному принципу, каждая успешно выполненная работа по реверс-инжинирингу пополняет общий фонд объектов, исключая необходимость повторного сканирования аналогичных узлов другими предприятиями.

Внедрение системы централизованного хранения обеспечивает сокращение времени ремонта и простоев. Временной интервал от фиксации потребности до установки готовой детали варьируется в зависимости от наличия документации в базе:

- для узлов, уже имеющих в базе, этап реверс-инжиниринга исключается, и срок изготовления составляет от 2 до 4 недель;

- для новых узлов срок включает полный цикл реверс-инжиниринга и может составлять от 3 до 4 месяцев в зависимости от сложности изделия, что всё равно существенно ниже сроков ожидания импортных поставок в условиях санкций.

Производство осуществляется на отечественных предприятиях. Экономическая эффективность подтверждается сопоставлением себестоимости изготовления легального аналога с рыночной стоимостью оригинальной детали, приобретаемой через параллельный импорт. Для серийных позиций себестоимость отечественного аналога оказывается в 2-5 раз ниже.

Наличие объекта реверс-инжиниринга позволяет проводить инженерный анализ напряженно-деформированного состояния и при необходимости

вносить конструктивные изменения, направленные на повышение ресурса узла в конкретных условиях [7].

Реализация проекта требует формирования кооперационной цепочки с четким распределением ролей. Горнодобывающие предприятия выступают в роли инициаторов, они формируют потребности, предоставляют физические образцы для сканирования и являются основными пользователями объектов реверс-инжиниринга. Специализированные инжиниринговые центры и ремонтные заводы выполняют функции операторов реверс-инжиниринга: сканирование, моделирование, материаловедческая экспертиза, верификация. Они обеспечивают наполнение базы качественным контентом. Производственные предприятия выступают в роли исполнителей заказов на изготовление партий деталей по предоставленным из базы объектов.

Ключевым условием устойчивого функционирования предлагаемой системы является урегулирование прав на конструкторскую документацию, созданную в процессе реверс-инжиниринга. В случае, когда права на такие объекты закрепляются за отдельными инжиниринговыми центрами или коммерческими организациями, возникает риск монополизации, ограничения доступа для других участников рынка и, как следствие, сдерживания конкуренции и технологического развития.

Для исключения подобных рисков целесообразно создание единого отраслевого центра компетенций, который выполняет следующие функции:

- выступает оператором национальной базы данных, обеспечивая её наполнение, верификацию, актуализацию и защиту;
- аккумулирует права на результаты реверс-инжиниринга, созданные за счёт государственного финансирования или в рамках отраслевых программ, а также на добровольной основе принимает права от коммерческих организаций на условиях компенсации затрат или лицензионных соглашений;
- предоставляет всем заинтересованным горнодобывающим и производственным предприятиям равный доступ к документации на условиях открытости или коммерчески обоснованных лицензий;
- организует обратную связь от пользователей базы и при необходимости инициирует работы по модернизации конструкций с участием профильных инжиниринговых и научных организаций.

Такой центр может быть создан в форме государственного учреждения, отраслевого института развития или автономной некоммерческой организации с государственным участием. Его деятельность финансируется за счёт целевых взносов участников, средств государственной поддержки и доходов от лицензирования. Это позволяет сохранить конкурентную среду, избежать дублирования работ и направить усилия на последовательное повышение качества и технологической независимости компонентной базы.

В данной модели роль государства и отраслевых регуляторов заключается в разработке нормативно-технической базы, регламентирующей статус изделий, произведенных по результатам реверс-инжиниринга и в правовой защите процесса, исключающей претензии со стороны иностранных

патентообладателей при воспроизведении узлов для поддержания работоспособности техники.

Создание национальной базы данных конструкторской документации выходит за рамки узкоотраслевой задачи и приобретает значение фактора обеспечения технологической безопасности государства. База данных позволяет комплексно решить три ключевые задачи:

- обеспечение оперативного восстановления работоспособности парка импортной техники, минимизация простоев горнодобывающих предприятий;
- загрузка производственных мощностей отечественного машиностроительного комплекса заказами на изготовление комплектующих;
- переход от неконтролируемого оборота несертифицированных деталей к системе легального производства, гарантирующей промышленную безопасность.

Формирование единой базы конструкторской документации, созданной на основе реверс-инжиниринга, является необходимым условием для изменения статуса российской горнодобывающей отрасли от зависимого импортера техники к субъекту, способному самостоятельно обеспечивать ее жизненный цикл. Такая база данных станет основой для надежной и долгосрочной работы всей отрасли.

Список литературы:

1. miningworld.ru : От снижения закупок к новым возможностям - рассказываем, как меняется российский рынок горной техники [сайт]. – URL: <https://miningworld.ru/ru/media/news/2025/september/15/mining-machines-equipment/?ysclid=mn1b15gvud483283372> (дата обращения: 21.03.2026). – Текст: электронный.
2. tebiz.ru : Технологическая трансформация и цифровизация: новая парадигма рынка горно-шахтного оборудования [сайт]. – URL: <https://tebiz.ru/tekhnologicheskaya-transformaciya-i-cifrovizaciya-novaya-paradigma-rynka-gorno-shahtnogo-oborudovaniya> (дата обращения: 21.03.2026). – Текст: электронный.
3. Брусов В. А. Лазерное сканирование и фотограмметрия в реконструкции с применением BIM технологий // Вестник науки. 2025. №5 (86). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lazernoe-skanirovanie-i-fotogrammetriya-v-rekonstruktsii-s-primeneniem-bim-tehnologiy> (дата обращения: 11.03.2026). – Текст: электронный.
4. Кирпичникова Н. Н., Сулина О. В. Оптимизация стратегии проектирования трехмерных моделей в CAD-системах // Инновационная наука. 2016. №8-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-strategii-proektirovaniya-trehmernih-modeley-v-cad-sistemah> (дата обращения: 11.03.2026). – Текст: электронный.
5. Пучков П. В., Киселев В. В., Чистов Д. Е. Материаловедческая экспертиза пожаров // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. №1 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/materialovedcheskaya-ekspertiza-pozharov> (дата обращения: 12.03.2026). – Текст: электронный.

6. Сальников А. В., Французов М. С., Виноградов К. А., Пятунин К. Р., Никулин А. С. Верификация и валидация компьютерных моделей // Известия вузов. Машиностроение. 2022. №9 (750). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/verifikatsiya-i-validatsiya-kompyuternyh-modeley> (дата обращения: 12.03.2026). – Текст: электронный.
7. Бурков П.В., Бурков В.П., Николаенко С.Н., Тимофеев В.Ю. Моделирование напряженно-деформированного состояния магистрального трубопровода с учетом реальных внутренних дефектов // Вестник КузГТУ. 2021. №1 (143). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-napryazhenno-deformirovannogo-sostoyaniya-magistralnogo-truboprovoda-s-uchetom-realnyh-vnutrennih-defektov> (дата обращения: 13.03.2026). – Текст: электронный.