ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCE

CENTRAL ASIAN SCIENTIFIC JOURNAL
ISSN 3135-3061
2026. №4 (32), Том 2. С. 157–161
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.24011523
Сайт журнала: https://cajournal.kz

УДК 622.233:622.268

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ BOOMER L20 ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ

Г.А. Рабек
Университет Ұлытау

Рабек Герман Антонович — студент группы ДИк-26-01р, специальность «Добыча полезных ископаемых», Университет Ұлытау, Республика Казахстан, г. Жезказган.

© Г.А. Рабек, 2026

Аннотация: В статье рассматривается предложение по совершенствованию организации проходческих работ посредством оценки возможности применения буровой установки Boomer L20 вместо используемой схемы с Boomer M1D и отдельной вспомогательной машиной Fadroma SWR-07. Предложены критерии технологической совместимости, методика сопоставления продолжительности операций, анализ производственных рисков и порядок технико-экономической оценки. Особое внимание уделено необходимости исключить подъем людей на конструкции буровой стрелы, не предназначенные для этого. По опубликованным данным изготовителя Boomer L20 имеет значительные габариты и зону обуривания 71–104 м²; для выработок порядка 4 × 4 м возможность применения должна быть подтверждена отдельно. Материал носит характер проектного предложения, а не отчета о внедрении.

Ключевые слова: подземная проходка, бурение шпуров, Boomer L20, Boomer M1D, механизация, безопасность труда, проходческий цикл, технико-экономическая оценка.

Введение

Повышение эффективности подземных горных работ зависит не только от производительности бурового оборудования, но и от согласованности всех операций проходческого цикла. В типовом цикле необходимо выполнить подготовку забоя, бурение шпуров, подготовку к заряжанию, взрывные работы, проветривание, уборку горной массы и последующие операции крепления. Задержка на любом этапе отражается на общей продолжительности цикла и использовании оборудования.

При организации буровзрывных работ особое внимание необходимо уделять безопасности операций на высоте и в зоне незакрепленного массива. Доступ к верхним шпурам с использованием элементов буровой установки, не предназначенных для подъема людей, создает риск падения, защемления и воздействия движущихся механизмов. Такие способы доступа не могут рассматриваться как допустимая технология. Требуются предусмотренные изготовителем и утвержденной технологией средства доступа и рабочие платформы.

Цель исследования — разработать методику предварительной оценки применимости Boomer L20 для организации проходческих работ, включая оценку безопасности, габаритной совместимости и потенциальных организационных эффектов. Положительный результат внедрения заранее не предполагается.

1. Исходная технологическая схема и постановка проблемы

В рассматриваемом варианте проходки бурение шпуров выполняется установкой Boomer M1D, а вспомогательные операции, требующие подъема персонала к верхней части забоя, предполагается обеспечивать отдельной машиной Fadroma SWR-07. Наличие двух единиц техники означает необходимость последовательной подачи машин в забой, согласования их перемещений, проверки готовности рабочих мест и организации безопасного взаимодействия персонала.

При ограниченных габаритах подземной выработки дополнительные заезды и выезды создают непроизводительные интервалы. Их длительность определяется длиной маршрута, состоянием дороги, встречным движением, подготовкой коммуникаций и наличием свободного места. Поэтому фактический выигрыш от изменения схемы необходимо определять хронометражем в конкретных горно-геологических и организационных условиях.

Для выработок с ориентировочным сечением 4 × 4 м важны габаритная совместимость оборудования, возможность безопасного маневрирования, устойчивость машины, расположение кабельных и водяных коммуникаций, а также требуемые зоны обслуживания. Указанное сечение является исходным проектным ориентиром, а не подтверждением применимости определенной модели техники. Перед внедрением необходимо сверить паспортные размеры и рабочие диаграммы конкретной комплектации установки.

2. Предлагаемое техническое решение

Предлагается рассмотреть Boomer L20 как возможный объект технико-технологического сравнения. Согласно официальной информации Epiroc, зона обуривания установки составляет 71–104 м², ширина при передвижении — 2550 мм, длина — 14500 мм, минимальная высота с защитной крышей — 2582 мм [1]. Эти показатели не подтверждают пригодность машины для выработки сечением 4 × 4 м; до выбора оборудования необходима проверка транспортного габарита, зоны обуривания, радиусов поворота, уклонов и условий эксплуатации. Наличие разрешенной изготовителем платформы для персонала именно в выбранной комплектации Boomer L20 также не установлено.

Объединение операций бурения и безопасного доступа к верхним шпурам в одной машине рассматривается исключительно как гипотеза для проверки. Штатная функция подъема людей не должна предполагаться по одному названию модели. При отсутствии документально подтвержденной платформы и соответствующих разрешений операции должны выполняться отдельным предназначенным для этого оборудованием.

Проектная схема категорически не предполагает нахождение людей на буровой стреле, ограждениях или иных конструкциях, не предназначенных для подъема персонала. До получения руководства изготовителя, технического заключения и утвержденной технологической карты использование Boomer L20 для подъема людей не допускается.

В техническом обследовании следует отдельно установить фактическую ширину свободного прохода с учетом трубопроводов, кабельных подвесок, неровностей почвы и временных коммуникаций. Геометрическое сечение 4 × 4 м само по себе не является подтверждением проходимости машины: необходимо учитывать минимальные безопасные зазоры и возможность разворота в сопряжениях. Сопоставление паспортных габаритов должно выполняться с проектной документацией конкретного участка.

Для проверки производственной целесообразности предлагается составить матрицу соответствия: геометрия выработки; зона обуривания; транспортный габарит; схема подъезда; доступность энергоснабжения; обслуживание в ограниченном пространстве; безопасность подъема персонала; наличие технической поддержки и запасных частей. Несоответствие обязательному параметру должно рассматриваться как основание для отклонения варианта до проведения экономического расчета.

Отдельного внимания требует правомерность операций с взрывчатыми материалами. Наличие рабочей платформы на какой-либо буровой машине не означает автоматического разрешения на заряжание шпуров с нее. Возможность таких операций определяется

© Central Asian Scientific Journal, 2026

эксплуатационной документацией, утвержденной технологией, требованиями промышленной безопасности и установленным порядком допуска персонала.

Для внедрения требуется разработать технологическую карту, проверить маршруты передвижения и радиусы поворота, определить точки подключения коммуникаций, оценить вентиляционные условия, обучить персонал и провести оценку профессиональных рисков. Переход к новой схеме следует выполнять поэтапно после согласования с ответственными службами предприятия.

3. Методика сравнения продолжительности проходческого цикла

Сравнение целесообразно проводить по одинаковым забоям и сопоставимым условиям: сечению и длине шпуров, крепости пород, схеме бурения, численности смены и организации транспорта. В противном случае влияние новой техники невозможно отделить от различий производственной обстановки.

Для исходной схемы продолжительность рассматриваемого этапа можно представить как $T_1 = tб_1 + tвых + tож + tвх + tподг_1 + tоп_1$, где $tб_1$ — время бурения, tвых — время вывода буровой машины, tож — ожидание доступа и разрешений, tвх — подача вспомогательной машины, $tподг_1$ — подготовка рабочего места, $tоп_1$ — продолжительность последующих разрешенных операций.

Для предлагаемой схемы: $T_2 = tб_2 + tпер + tподг_2 + tоп_2$, где $tб_2$ — время бурения новой установкой, tпер — переход между режимами работы в пределах одного комплекса, $tподг_2$ — подготовка рабочего места, $tоп_2$ — продолжительность последующих разрешенных операций. Потенциальное сокращение времени определяется выражением $\Delta T = T_1 - T_2$. Относительный эффект: $Eт = (\Delta T / T_1) \times 100\ \%$ при $T_1 > 0$.

Эти выражения являются расчетной моделью, а не результатом натурных испытаний. Для корректной оценки необходимо не менее нескольких сопоставимых наблюдений по каждой схеме с фиксацией причин задержек. Результаты следует представить как среднее значение, диапазон и перечень отклонений. При отрицательном ΔT предлагаемая схема не дает выигрыша по времени в рассматриваемых условиях.

4. Оценка безопасности и производственных рисков

Потенциальные опасности исходной технологии включают падение человека с высоты, защемление при движении стрелы, столкновение техники в ограниченном пространстве, наезд при маневрировании, контакт с энергетическими коммуникациями и нахождение персонала в опасной зоне. Для каждого риска необходимо установить вероятность, тяжесть возможных последствий и существующие меры защиты.

При использовании штатной платформы с ограждениями и блокировками могут быть устранены отдельные опасные действия, однако появляются и сохраняются другие риски: отказ подъемного механизма, потеря устойчивости, неправильная установка опор, превышение грузоподъемности, нарушение порядка блокировки движений. Следовательно, снижение риска должно подтверждаться оценкой конкретной машины и условий эксплуатации, а не предполагаться автоматически.

В качестве обязательных организационных мер предлагаются: запрет подъема людей на буровой стреле; проверка исправности платформы и защитных устройств перед сменой; выделение опасной зоны; контроль состояния кровли и боков выработки; инструктаж и допуск персонала; соблюдение утвержденного порядка взрывных работ. Результаты оценки рисков рекомендуется фиксировать в документах предприятия до начала опытной эксплуатации.

Ключевым критерием успешности решения следует считать исключение опасного нештатного доступа к верхним шпурам при сохранении всех предусмотренных нормативами барьеров безопасности.

5. Подход к технико-экономической оценке

Экономическую целесообразность следует определять по совокупной стоимости владения, а не только по числу машин. В исходной схеме учитываются затраты на содержание Boomer M1D и Fadroma SWR-07, техническое обслуживание, запасные части,

энергоресурсы, шины, ремонт и простой. В предлагаемой схеме учитываются стоимость приобретения либо аренды Boomer L20, обслуживание многофункциональных систем, обучение, дополнительное оснащение и возможные затраты на изменение инфраструктуры.

Годовые эксплуатационные затраты можно представить как С = Сто + Срем + Сэн + Сперс + Спр + Спроч, где Сто — плановое обслуживание, Срем — ремонты, Сэн — энергия и топливо, Сперс — трудовые затраты, Спр — стоимость простоев, Спроч — иные расходы. Годовая разница $\Delta C = C_1 - C_2$ рассчитывается для сопоставимого объема проходки.

Если новая техника требует капитальных вложений K, простой срок окупаемости при положительной ежегодной экономии можно оценить как $P = K / \Delta C$. Для инвестиционного решения необходимо дополнительно учитывать дисконтирование денежных потоков, остаточную стоимость техники, доступность запасных частей и производственные риски. При отсутствии достоверных исходных данных приводить конкретные проценты экономии или срок окупаемости некорректно.

Сокращение парка с двух единиц до одной потенциально уменьшает потребность в отдельных операциях обслуживания и согласовании перемещений. Однако универсальная машина может стать единой точкой отказа: ее поломка одновременно остановит несколько операций. Поэтому требуется анализ надежности, резервирования и сервисной поддержки.

6. План опытно-промышленной проверки

На первом этапе следует запросить у изготовителя официальную документацию на конкретную модификацию Boomer L20, включая транспортные габариты, допустимые уклоны, схему обуривания и перечень сертифицированного дополнительного оборудования. Отдельно необходимо установить, предусмотрена ли вообще штатная платформа для подъема персонала. При несовместимости с выработкой 4 × 4 м следует отказаться от данной модели и подобрать альтернативную машину подходящего класса.

Опытную проверку рекомендуется проводить на сопоставимых участках с регистрацией времени бурения, межоперационных ожиданий, числа перемещений техники, технических отказов и выявленных опасных событий. Для безопасности целесообразно использовать как опережающие показатели — нарушения регламентов и выявленные опасности, — так и фактические происшествия, не делая выводов по отсутствию травм за короткий период.

Решение о тиражировании следует принимать только при подтвержденной технологической совместимости, приемлемом уровне риска и положительном экономическом результате. При недостаточной производительности, несоответствии габаритов или отсутствии разрешенной рабочей платформы предложение подлежит пересмотру.

Заключение

Предложена методика оценки возможной модернизации проходческого комплекса с участием Boomer L20. Анализ официальных характеристик показывает, что применение этой модели в выработках порядка 4 × 4 м не может считаться обоснованным без отдельного технического подтверждения. Совмещение бурения и подъема людей также не подтверждено паспортными данными рассматриваемой комплектации. Таким образом, результат исследования состоит в формировании критериев отбора оборудования и программы проверки гипотезы, а не в доказательстве преимуществ конкретной модели.

Дальнейшая работа должна включать проверку паспортных характеристик, оценку рисков, замеры продолжительности операций и расчет полной стоимости владения. При отсутствии совместимости или разрешенной функции подъема людей предложенная замена не подлежит реализации; следует рассмотреть иные специализированные технические решения.

Список литературы:

1. Epiroc. Boomer L20: технические характеристики [Электронный ресурс]. URL: https://www.epiroc.com/en/products/drill-rigs/face-drill-rigs/boomer-l20 (дата обращения: 06.11.2026).

2. Epiroc. Boomer M1D and M2D: technical specification [Электронный ресурс]. URL: https://www.epiroc.com/content/dam/epiroc/underground-mining-and-tunneling/tme/drilling-technical-specifications/boomer/9869-0229-01f-boomer-m1d-m2d-technical-specification-english.pdf (дата обращения: 06.11.2026).

3. ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use. Geneva: International Organization for Standardization, 2018.

4. Epiroc. Boomer M1D и M2D: описание оборудования [Электронный ресурс]. URL: https://www.epiroc.com/ru-kz/products/drill-rigs/face-drill-rigs/m1d-m2d (дата обращения: 06.11.2026).

© Central Asian Scientific Journal, 2026