

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

Научная статья

УДК 622.271.4

DOI: 10.26730/1999-4125-2026-3-177-184

О НЕОБХОДИМОСТИ КОРРЕКТИРОВКИ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА БЕСТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

Тюленев Максим Анатольевич

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

* для корреспонденции: tma.geolog@kuzstu.ru



Информация о статье

Поступила:

01 июня 2026 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 июня 2026 г.

Принята к публикации:

01 июля 2026 г.

Ключевые слова:

драглайн, бестранспортная технология, внутренний отвал, перегрузка, коэффициент перегрузки, структура технологических схем, открытые горные работы

Аннотация.

Бестранспортная технология вскрышных работ остается одним из наиболее производительных и ресурсосберегающих способов перемещения вскрышной породы в выработанное пространство при открытой добыче угля. Ее значение определяется наличием горизонтальных или пологих пластов одиночного или свитового залегания, большими объемами вскрыши и устойчивой потребностью в снижении себестоимости вскрышных работ при сохранении приемлемого режима подвигания фронта горных работ. Классическая методическая база расчета параметров бестранспортных технологических схем была сформирована на материале разработки одиночных горизонтальных и пологопадающих пластов. В ней подробно рассмотрены варианты экскавации и перегрузки вскрышных пород (простая и усложненная схема), влияние положения и уровня установки драглайна на коэффициент перегрузки, а также принципы выбора рациональной структуры схемы в зависимости от горно-геометрических условий карьерного поля. Вместе с тем в более поздних работах отмечается, что граница рационального применения бестранспортной технологии не может определяться только традиционным сравнением затрат по транспортной и бестранспортной вскрыше без углубленного учета перегрузки. Был предложен метод определения границы между зонами на основе слоевого коэффициента перегрузки, что само по себе свидетельствует о необходимости развития первоначального методического аппарата. В последние годы круг задач заметно расширился. В периодической литературе обсуждаются многоярусные внутренние отвалы, подготовка первоначальной емкости под внутренний бестранспортный отвал, углубочно-сплошные и поперечные системы разработки, а также варианты применения драглайнов на наклонных и крутых пластах. Следовательно, положения классической методики необходимо корректировать применительно к более сложным горно-геологическим и организационно-технологическим условиям.

Для цитирования: Тюленев М.А. О необходимости корректировки методики расчета бестранспортных технологических схем // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2026. № 3 (175). С. 177-184. DOI: 10.26730/1999-4125-2026-3-177-184, EDN: BMCVRC

Введение. Статистические предпосылки корректировки методики

По официальным данным Министерства угольной промышленности (в качестве примера рассмотрена горная промышленность Кузбасса) добыча угля в регионе составила 243,1 млн т в

2021 г., 198,4 млн т в 2024 г. и 190,7 млн т в 2025 г. В 2021 г. открытым способом в Кузбассе было добыто 156,0 млн т, или 64,2% общей добычи региона. В 2025 г. переработка составила 144,7 млн т, или 75,9% добычи. За 2021-2025 гг.

совокупное снижение добычи достигло 21,6% [1–3] (Таблица 1).

Одновременно федеральные данные указывают на рост значения открытого способа добычи в общероссийском балансе. По оценке Минэнерго России, в 2025 г. общий объем добычи угля составил около 440 млн т, из них примерно 344,1 млн т были добыты открытым способом, то есть доля открытой добычи достигла 77,5%. Это означает, что на Кузбасс приходится около 43% общероссийской добычи (эта величина справедлива как для общего объема добычи, так и отдельно для открытого способа), тогда как требования к эффективности открытых горных работ, особенно в условиях продолжающегося кризиса, объективно возрастают [4–6].

Приведенные данные показывают двусторонний тренд. С одной стороны, добыча в Кузбассе снижается, что усиливает требования к экономической эффективности каждой технологической операции. С другой стороны, федеральная статистика демонстрирует рост доли открытого способа добычи, а значит, проектные и расчетные ошибки начинают оказывать влияние на все более значимую часть как внутрикарьерного, так и отраслевого результата [7–9].

Также необходимо принять во внимание достаточную ограниченность существующих серийно выпускаемых моделей драглайнов. По

сути, весь парк шагающих экскаваторов представлен моделями ЭШ 10.70, ЭШ 15.90 (ЭШ 15.90Б), ЭШ 20.90 и в меньшей степени ЭШ 11.70, ЭШ 11.75. Данное обстоятельство является естественным ограничителем вариативности типовых схем бестранспортной вскрыши.

Состояние вопроса, методическая база и ограничения существующей методики расчета

В базовой постановке расчет параметров бестранспортной технологической схемы включает определение высоты бестранспортной зоны, рационального положения драглайна, структуры экскавации и перегрузки, расчет буровзрывных работ [10–12], а также оценку экономической границы между транспортной и бестранспортной зонами вскрышных работ [13–15]. Такая логика расчета корректна и по-прежнему применима, когда геометрия карьерного поля, строение свиты пластов и организация горных работ близки к тем условиям, для которых она была разработана – иными словами, не происходит существенного изменения горно-геологических условий.

Ключевым интегральным показателем здесь выступает коэффициент перегрузки, изученный в классических работах, посвященных бестранспортной технологии [19–22]. От него зависят как производительность драглайна, так и экономическая

Таблица 1. Статистические индикаторы открытой угледобычи

Table 1. Open pit mining statistical indicators

Показатель	2021	2024	2025	Комментарий
Добыча угля в Кузбассе, млн т	243,1	198,4	190,7	Снижение на 21,6% за 2021-2025 гг.; кризис отечественного углепрома.
Добыча угля открытым способом в Кузбассе, млн т	156	155	146	В 2021 г. открытый способ обеспечивал 64,2% добычи региона, в 2025 г. – более 76%; это подтверждает высокую значимость разрезов для отрасли.
Экспорт угля из Кузбасса, млн т	–	102,0	101,8	Экспорт практически не растет; в этих условиях резервы эффективности смещаются внутрь технологической цепочки карьера.
Средняя численность работников в добыче и переработке угля, тыс. чел.	–	96,3	87,5	Снижение примерно на 9,1% за год усиливает значение разработки новых и модернизации существующих технологий, минимизирующих трудоемкость и машинное время.
Добыча угля в России, млн т	438,4	443,5	440,0*	* По предварительной оценке Минэнерго России. При этом открытым способом добыто около 341 млн т.
Доля открытого способа в добыче угля России, %	74,2	77,5	77,5	За последние годы доля открытой добычи выросла на 3%, что обуславливает актуальность исследования.

целесообразность увеличения мощности бестранспортной вскрыши. Однако в работах последних лет показано, что его недостаточно рассматривать как усредненный показатель по всей мощности вскрыши; более корректен послойный и поэтапный анализ с учетом конкретной модели драглайна, формы отвала и режима горных работ [4, 10, 16, 18]. Кроме того, в существующей методике в явном виде слабо представлены блоки расчета первоначальной емкости под внутренний отвал, геомеханических ограничений, безопасного положения оборудования и статистической коррекции расчетных параметров по данным фактической работы аналога [5, 17, 23, 24].

Для ряда разрезов еще на стадии проектирования возникает задача оптимизации высоты бестранспортного уступа, горизонта установки драглайна и соотношения транспортной и бестранспортной частей схемы. Это означает, что инженерный расчет должен быть не только проверкой применимости известной схемы, но и инструментом выбора ее параметров под конкретные условия месторождения, например, Черногорского [8].

Таким образом, существующий методический аппарат нельзя считать устаревшим в принципе. Проблема состоит в ином: он разработан как методика расчета для сравнительно ограниченного круга условий, тогда как

современная проектная и производственная практика требует учитывать гораздо более широкий набор факторов и ограничений.

Факторы, обуславливающие необходимость корректировки методики

Первый фактор связан с изменением объекта расчета. Если классическая схема ориентирована прежде всего на простые горно-геологические условия, то современные публикации фиксируют расширение области применения бестранспортной технологии на наклонные и крутые пласты, включая варианты селективной и селективно-валовой выемки угля драглайнами. В таких условиях меняются требования к высоте уступа, положению техники, взаимному смещению вскрышных и добычных забоев и допустимой последовательности операций.

Второй фактор – изменение структуры внутреннего отвалообразования. Для современных схем характерно стремление к увеличению вместимости внутреннего отвала при минимизации коэффициента переэкскавации и организационных потерь времени. В работах, посвященных изучению многоярусных внутренних отвалов, показано, что вместимость отвала зависит не только от ширины заходки и угла наклона основания, но и от количества ярусов, а также от порядка распределения поступающей породы по отвальным ярусам, то есть определение параметров внутреннего отвала

Таблица 2. Основные факторы, требующие корректировки методики расчета

Table 2. Main factors requiring adjustment of the calculation methodology

Фактор	Причина учета фактора	Параметры корректировки методики
Подготовка первоначальной выработки	В ряде схем создание выработки под внутренний отвал становится самостоятельным первым этапом разработки.	Определять глубину, ширину и момент подключения основной бестранспортной вскрыши.
Многоярусный внутренний отвал	Вместимость отвала зависит от числа ярусов и схемы распределения породы, а не только от ширины заходки.	Включать в расчет число ярусов, емкость, порядок отсыпки и дополнительную емкость в случае ее наличия.
Параметры драглайна и переэкскавация	Коэффициент переэкскавации чувствителен к высоте уступа и рабочим параметрам конкретной модели драглайна.	Переходить к послойному и поэтапному расчету переэкскавации для выбранной модели техники.
Геомеханика и безопасность	Рост емкости внутреннего отвала ограничивается устойчивостью массива и условиями безопасной работы оборудования.	Совместно анализировать экономику схемы, устойчивость отвала и безопасное положение драглайна.
Влияние предшествующих процессов	Изменение параметров буровзрывных работ влияет на профиль развала и показатели последующей выемки вскрыши.	Учитывать качество подготовки взорванной горной массы как часть расчета параметров схемы.

выделяется в самостоятельные расчетные блоки, а не остается побочным результатом выбора схемы экскавации.

Третий фактор – необходимость поэтапной подготовки выработки под внутренний бестранспортный отвал. В научной литературе прямо указывается, что карьерное поле целесообразно разбивать на этапы, первым из которых является создание первоначальной емкости. При этом в публикациях одновременно подчеркивается отсутствие всесторонней методической базы для оценки глубины сооружения первоначальной выработки, определения режима горных работ и выбора организации взаимодействия транспортной и бестранспортной частей схемы.

Четвертый фактор связан с интеграцией геомеханических ограничений в расчет. Зарубежные исследования показывают, что увеличение емкости внутреннего отвала и обеспечение его устойчивости должны анализироваться совместно. Для практики это означает, что в расчете недостаточно определить только экономически допустимый коэффициент переэкскавации; необходимо одновременно учитывать устойчивость отвального массива, безопасные расстояния установки драглайна и допустимые углы откоса отвала.

Пятый фактор – влияние предшествующих технологических процессов на эффективность работы драглайна. В частности, современные исследования в области взрыва на сброс рассматривают параметры развала и его профиль не как локальную задачу буровзрывных работ, а как элемент оптимизации последующей бестранспортной вскрыши. Следовательно, расчет параметров бестранспортной схемы должен учитывать не только собственно экскавацию, но и качество подготовки вскрышной массы к последующей перевалке (Таблица 2).

Предлагаемые направления корректировки методики

Корректировка методики расчета должна строиться по принципу «сохранение базового ядра + расширение состава обязательных расчетных блоков». Базовое ядро включает сравнение транспортной и бестранспортной технологий, определение коэффициента переэкскавации и выбор положения драглайна. Однако к нему необходимо добавить блоки, характеризующие этапность формирования внутреннего отвала, его вместимость, ограничения и организационное сопряжение с транспортной зоной.

С методической точки зрения целесообразно разграничить техническую и экономическую границы бестранспортной зоны. Техническая граница должна определяться линейными параметрами драглайна, возможностью

размещения породы в пределах внутреннего отвала, безопасными расстояниями работы оборудования и устойчивостью отвального массива. Экономическая граница должна уточняться после расчета структуры схемы экскавации и, в случае необходимости, расчета переэкскавации по слоям и стадиям разработки.

Отдельным расчетным элементом потенциально может стать этап создания первоначальной выработки под внутренний отвал. Для таких условий необходимо определять глубину, длину и ширину первоначальной выработки, последовательность разработки безугольной зоны, режим взаимодействия нескольких комплексов оборудования. Без учета этих факторов методика не отвечает задачам современных углубочно-сплошных и поэтапно-углубочных, а также поперечных систем разработки.

Кроме того, следует отказаться от применения единого коэффициента переэкскавации для всей расчетной мощности вскрыши. Более корректным является послойный и поэтапный расчет, при котором коэффициент определяется для каждого участка схемы с учетом высоты уступа, параметров драглайна, числа ярусов внутреннего отвала, направления потока породы и особенностей предшествующего взрыва на сброс. Такой подход соответствует логике и лучше согласуется с реальной структурой затрат.

На основе выполненного анализа представляется целесообразным использовать следующую последовательность обоснования:

- На первом этапе задаются горно-геологические исходные данные: строение свиты пластов, углы падения, мощность вскрыши по зонам, положение угольных междупластьев, параметры карьерного поля и ограничения по формированию внутреннего отвала.
- На втором этапе определяется техническая область возможного применения бестранспортной технологии. Для этого рассчитываются допустимая высота бестранспортного уступа, возможное положение драглайна, предельная геометрия отвала, безопасные расстояния работы оборудования и принципиальная возможность размещения пород в выработанном пространстве без недопустимого роста коэффициента переэкскавации.
- На третьем этапе выполняется расчет первоначальной емкости (при ее наличии) и структуры внутреннего отвала: числа ярусов, порядка распределения пород по ярусам, необходимости дополнительной емкости и условий сопряжения отвальной части схемы с транспортной рабочей зоной. На этом же шаге определяется, требуется ли поэтапное развитие карьерного поля с выделением самостоятельной стадии подготовки емкости.

- На четвертом этапе рассчитывается структура экскавации и перегрузки по слоям и этапам. Именно здесь определяется коэффициент перегрузки не в усредненном виде, а как параметр, привязанный к конкретному грузопотоку. При необходимости в расчет включаются параметры БВР, поскольку они меняют профиль развала и тем самым влияют на последующую работу драглайна.

- На пятом этапе уточняется экономическая граница бестранспортной зоны и выбирается рациональная схема по критерию минимизации совокупных затрат при соблюдении технологических и геомеханических ограничений. При этом в сравнении вариантов необходимо учитывать не только затраты на экскавацию и перегрузку, но и влияние выбранной схемы на режим горных работ, скорость продвижения фронта, плечо откатки (в транспортной зоне), организационные потери времени и производственные риски.

Предлагаемая последовательность не отменяет классической методики; она развивает ее до уровня, соответствующего современным задачам проектирования. Практическая ценность такого подхода состоит в том, что при проектировании появляется возможность оценивать техническую реализуемость и экономическую рациональность бестранспортной схемы, а затем объединять результаты в единое проектное решение.

Заключение

Классическая методика расчета параметров бестранспортных технологических схем сохраняет свою научную и инженерную значимость, однако ее область исходной применимости в основном связана с условиями разработки одиночных горизонтальных и пологопадающих пластов и сравнительно простой структурой внутренних отвалов. Современная практика открытых горных работ требует обязательного учета факторов, которые раньше не являлись самостоятельными расчетными решениями: подготовки первоначальной емкости под внутренний отвал, многоярусного отвалообразования, режима горных работ на стыке транспортной и бестранспортной зон, безопасных расстояний работы оборудования и иных ограничений.

Корректировка методики должна осуществляться через расширение обязательных расчетов, а не через отказ от базовых положений. В центре такой корректировки должны находиться техническая и экономическая границы бестранспортной зоны, послойный расчет перегрузки и расчет внутреннего отвала как самостоятельного элемента схемы. Перспективными направлениями дальнейшего развития методики являются адаптация расчета к разработке наклонных и крутых пластов, учет

параметров БВР как фактора, напрямую влияющего на показатели выемки вскрыши, и разработка унифицированных алгоритмов выбора схемы для, например, поперечных систем разработки. Следовательно, корректировка методики расчета параметров бестранспортных технологических схем является не частной задачей оптимизации, а необходимым условием повышения достоверности проектных и технологических решений в современной практике открытых горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Министерство угольной промышленности Кузбасса. Основные показатели угольной отрасли Кузбасса за 2021 год [Электронный ресурс]. URL: <https://mupk42.ru/ru/industry/pokazateli/2021-god.php>.
2. Министерство угольной промышленности Кузбасса. Основные показатели угольной отрасли Кузбасса в 2024 году [Электронный ресурс]. URL: <https://mupk42.ru/ru/press-center/news/novosti-ministerstva/osnovnye-pokazateli-ugolnoy-otrasli-kuzbassa-v-2024-godu/> (дата обращения: 21.04.2026).
3. Министерство угольной промышленности Кузбасса. Итоги работы угольной отрасли Кузбасса за 2025 год. URL: <https://mupk42.ru/ru/industry/pokazateli/> (дата обращения: 21.04.2026).
4. Селюков А. В., Терентьев Д. Д. Обоснование режима горных работ углубленно-сплошных систем разработки с экскаваторно-отвальным вскрышным технологическим комплексом // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 2(168). С. 120–130.
5. Ермолаев В. А., Селюков А. В. Сравнение горно-геологических условий горных работ карьеров // Техника и технология горного дела. 2018. № 2(2). С. 50–65. DOI: 10.26730/2618-7434-2018-2-50-64. EDN YNRYYP.
6. Markov S., Tyulenev M., Dubinkin D., Murko E. Estimation of Excavator-Automobile Complex Productivity at Changing of Engineering and Geological Conditions // Acta Montanistica Slovaca. 2024. Vol. 29. № v29i3. Pp. 643–653. DOI: 10.46544/ams.v29i3.11. EDN INOEUV.
7. Злобина Е. В., Проноза В. Г. Формирование коэффициента перегрузки при бестранспортной разработке вскрышных уступов модельным рядом драглайнов одной рабочей массы // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 2(108). С. 41–48.
8. Сидоров В. В., Косолапов А. И. О необходимости оптимизации параметров технологических схем открытой разработки Черногорского каменноугольного месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 1. С. 68–77. DOI:

10.25018/0236-1493-2021-1-0-68-77.

9. Тюленев М. А., Марков С. О., Гвоздкова Т. Н. [и др.] Исследование структур схем экскавации при отсыпке внутренних многоярусных бестранспортных отвалов // Техника и технология горного дела. 2022. № 4(19). С. 4–34.

10. Ческидов В. И., Бобыльский А. С., Резник А. В. Методические основы расчета параметров бестранспортных технологических схем открытой разработки свиты пологопадающих угольных пластов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2017. № 2. С. 95–101.

11. Ческидов В. И., Норри В. К. Бестранспортная технология вскрышных работ на разрезах Кузбасса: состояние и перспективы // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2016. № 4. С. 109–116.

12. Gupte S. S. Optimisation of internal dump capacity and stability analysis in a coal mine – a case study // Proc. of the Int. Symposium on Stability of Rock Slopes in Open Pit Mining and Civil Engineering. 2016.

13. Zhang Z. [et al.] Research on the Optimization of Open-Pit Mine Cast Blasting Parameters Based on the Optimal Economy of Dragline Stripping Technology // Applied Sciences. 2023. Vol. 13. Art. 10888.

14. Khoreshok A. A., Tyulenev M. A., Markov S. O. Study of structural features of draglines for their possible adaptability to changing mining and geological conditions // Advances in Raw Material Industries for Sustainable Development Goals. Saint-Petersburg, 2021. Pp. 406–412. EDN ZLIIDU.

15. Bazaluk O., Anisimov O., Saik P., Lozynskiy V., Akimov O., Hrytsenko L. Determining the Safe Distance for Mining Equipment Operation When Forming an Internal Dump in a Deep Open Pit // Sustainability. 2023. Vol. 15. Art. 5912. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/7/5912>.

16. Тюленев М. А., Марков С. О. [и др.] Исследование структур схем экскавации при отсыпке внутренних многоярусных бестранспортных отвалов // Техника и технология горного дела. 2022. № 4 (19). С. 4–34.

17. Макридин Е. В., Милый С. М.,

Ефременков А. Б. [и др.] Исследование технологии выемки угля драглайнами при поперечных системах разработки наклонных и крутых пластов // Техника и технология горного дела. 2025. № 4(31). С. 88–106.

18. Gvozdkova T., Kuznetsov E., Rudakova A., Markov S. The features of three- and four-tier internal dumps capacity calculation with the additional capacity preparation in the dump tiers // E3s web of conferences. Kemerovo, Russian Federation : EDP Sciences, 2017. Vol. 15. Art. 01008. DOI: 10.1051/e3sconf/20171501008. EDN YMYQKD.

19. Вагоровский В. С. Исследование рациональных параметров бестранспортных систем разработки пологих угольных пластов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Вагоровский Владимир Сергеевич. М., 1975. 23 с.

20. Калинин А. В., Проноза В. Г., Воронков В. Ф. Расчет коэффициента переэкскавации при бестранспортной разработке пологих пластов // Разработка угольных месторождений открытым способом: Межвуз. сб. научн. тр. Кузбас. политехн. ин-т. Кемерово, 1980. Вып. 7. С. 15–24.

21. Калинин А. В., Березняк М. М., Проноза В. Г., Цепилов И. И., Скачков А. П. Обоснование способа выемки и комплекта оборудования для бестранспортной разработки свиты пологих пластов в условиях южного Кузбасса // Сб. научн. тр. № 22. Кузбас. политехн. ин-т. Кемерово, 1970. С. 228–240.

22. Проноза В. Г. Обоснование структуры эффективных технологических комплексов перевалки вскрышных пород : специальность 05.15.03 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Проноза Владимир Григорьевич. Кемерово, 1992. 41 с. EDN ZJNIV.

23. Веницкий К. Е. Оптимизация технологических процессов на открытых разработках. М. : Недра, 1976. 280 с.

24. Bereznayak M. M., Kalinin A. V., Pronoz V. G. A method of calculating the width of the caved rubble in the transportless system of working a series of sloping beds // Soviet Mining Science. 1970. Vol. 6. № 6. Pp. 638–643. EDN YGTVQX.

© 2026 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Тюленев Максим Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой открытых горных работ, Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, e-mail: tma.geolog@kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:

Тюленев Максим Анатольевич – постановка исследовательской задачи, анализ данных, написание текста, подведение итогов, обзор литературы, сбор и анализ данных, концептуализация предложенной идеи, выполнение расчетов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

ON THE NEED TO REVISE THE METHODOLOGY FOR TRANSPORTLESS FLOWCHARTS CALCULATING

Maxim A. Tyulenev

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

* for correspondence: tma.geolog@kuzstu.ru



Article info

Received:

01 June 2026

Accepted for publication:

15 June 2026

Accepted:

01 July 2026

Keywords: dragline, direct dumping technology, internal dump, re-excavation, re-excavation ratio, flowcharts structure, open pit mining

Abstract.

Transportless (direct dumping) overburden removal technology remains one of the most productive and resource-efficient methods for moving overburden into the mined-out area in open-pit coal mining. Its significance is determined by the presence of horizontal or gently dipping seams – whether single or multi-seam – large volumes of overburden, and a consistent need to reduce the cost of overburden removal while maintaining an acceptable rate of advance at the mining face. The classical methodological framework for calculating the parameters of direct dumping mining schemes was developed based on the mining of single horizontal and gently dipping seams. It examines in detail the options for excavation and re-excavation of overburden (simple and complex schemes), the effect of the dragline's position and elevation on the re-excavation coefficient, as well as the principles for selecting an optimal scheme structure depending on the mining-geometric conditions of the quarry field. At the same time, later studies have noted that the limits of the rational application of direct dumping technology cannot be determined solely by a traditional comparison of the costs of transport and transportless overburden removal without an in-depth consideration of re-excavation. A method was proposed for determining the boundary between zones based on the layer-specific re-excavation coefficient, which in itself indicates the need to further develop the initial methodological framework. In recent years, the scope of tasks has expanded significantly. Engineering literature discusses multi-tiered internal dumps, the preparation of initial capacity for an internal dump without the need for transport, deep-cut continuous and transverse mining systems, as well as options for using draglines on inclined and steep seams. Consequently, the principles of the classical methodology must be adapted to more complex mining-geological and organizational-technological conditions.

For citation: Tyulenev M.A. On the need to revise the methodology for transportless flowcharts calculating. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2026; 3(175):177-184. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2026-3-177-184, EDN: BMCVRC

REFERENCES

1. Ministry of Coal Industry of Kuzbass. Main Indicators of the Coal Industry in Kuzbass for 2021 [Electronic resource]. URL: <https://mupk42.ru/ru/industry/pokazateli/2021-god.php>.
2. Ministry of Coal Industry of Kuzbass. Main Indicators of the Coal Industry in Kuzbass in 2024 [Electronic resource]. URL: [https://mupk42.ru/ru/press-](https://mupk42.ru/ru/press-center/news/novosti-ministerstva/osnovnye-pokazateli-ugolnoy-otrasli-kuzbassa-v-2024-godu/)

[center/news/novosti-ministerstva/osnovnye-pokazateli-ugolnoy-otrasli-kuzbassa-v-2024-godu/](https://mupk42.ru/ru/industry/pokazateli/) (accessed: April 21, 2026).

3. Ministry of Coal Industry of Kuzbass. Results of the Coal Industry Performance in Kuzbass for 2025. URL: <https://mupk42.ru/ru/industry/pokazateli/> (accessed: April 21, 2026).

4. Selyukov A.V., Terentiev D.D. Substantiation of the Mining Operation Mode for Deepening-Continuous Mining Systems with an Excavator-Dumping Overburden Technological Complex. *Vestnik of the Kuzbass State Technical University*. 2025; 2(168):120-130.
5. Ermolaev V.A., Selyukov A.V. Comparison of Mining and Geological Conditions of Quarry Operations. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2018; 2(2):50-65. DOI: 10.26730/2618-7434-2018-2-50-64. EDN YNRYYP.
6. Markov S., Tyulenev M., Dubinkin D., Murko E. Estimation of Excavator-Automobile Complex Productivity at Changing of Engineering and Geological Conditions. *Acta Montanistica Slovaca*. 2024; 29(v29/i3):643-653. DOI: 10.46544/ams.v29i3.11. EDN INOEUV.
7. Zlobina E.V., Pronoza V.G. Formation of the Re-excavation Coefficient in Transportless Development of Overburden Benches Using a Model Range of Draglines of the Same Working Mass. *Vestnik of the Kuzbass State Technical University*. 2015; 2(108):41-48.
8. Sidorov V.V., Kosolapov A.I. On the Need to Optimize the Parameters of Technological Schemes for Open-Pit Mining of the Chernogorsk Bituminous Coal Deposit. *Mining Information and Analytical Bulletin*. 2021; 1:68-77. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-68-77.
9. Tyulenev M.A., Markov S.O., Gvozdkova T.N. [et al.] Study of Excavation Scheme Structures During the Placement of Internal Multi-Tier Transportless Dumps. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2022; 4(19):4-34.
10. Cheskidov V.I., Bobylsky A.S., Reznik A.V. Methodological Basis for Calculating the Parameters of Transportless Technological Schemes for Open-Pit Mining of a Series of Gently Dipping Coal Seams. *Journal of Mining Science*. 2017; 2:95-101.
11. Cheskidov V.I., Norri V.K. Transportless Technology of Overburden Operations at Kuzbass Open-Pit Mines: Current State and Prospects. *Journal of Mining Science*. 2016; 4:109-116.
12. Gupta S.S. Optimisation of Internal Dump Capacity and Stability Analysis in a Coal Mine – a Case Study. In: Proceedings of the International Symposium on Stability of Rock Slopes in Open Pit Mining and Civil Engineering. 2016.
13. Zhang Z. [et al.] Research on the Optimization of Open-Pit Mine Cast Blasting Parameters Based on the Optimal Economy of Dragline Stripping Technology. *Applied Sciences*. 2023; 13. Art. 10888.
14. Khoreshok A.A., Tyulenev M.A., Markov S.O. Study of Structural Features of Draglines for Their Possible Adaptability to Changing Mining and Geological Conditions. In: *Advances in Raw Material Industries for Sustainable Development Goals*. Saint Petersburg, 2021. Pp. 406-412. EDN ZLIIDU.
15. Bazaluk O., Anisimov O., Saik P., Lozynskyi V., Akimov O., Hrytsenko L. Determining the Safe Distance for Mining Equipment Operation When Forming an Internal Dump in a Deep Open Pit. *Sustainability*. 2023; 15. Art. 5912. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/7/5912>
16. Tyulenev M.A., Markov S.O. [et al.] Study of Excavation Scheme Structures During the Placement of Internal Multi-Tier Transportless Dumps. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2022; 4(19):4-34.
17. Makridin E.V., Milyy S.M., Efrementkov A.B. [et al.] Study of Coal Extraction Technology Using Draglines in Transverse Mining Systems for Inclined and Steep Seams. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2025; 4(31):88-106.
18. Gvozdkova T., Kuznetsov E., Rudakova A., Markov S. The Features of Three- and Four-Tier Internal Dumps Capacity Calculation with the Additional Capacity Preparation in the Dump Tiers. *E3S Web of Conferences*. 2017. Kemerovo, Russian Federation: EDP Sciences; 2017. Vol. 15. Art. 01008. DOI: 10.1051/e3sconf/20171501008. EDN YMYQKD.
19. Vagorovsky V.S. Study of Rational Parameters of Transportless Mining Systems for Gently Dipping Coal Seams: Abstract of the Candidate of Technical Sciences Dissertation. Moscow, 1975. 23 p.
20. Kalinin A.V., Pronoza V.G., Voronkov V.F. Calculation of the Re-excavation Coefficient in Transportless Mining of Gently Dipping Seams. In: Development of Coal Deposits by Open-Pit Method: Interuniversity Collection of Scientific Papers. Kuzbass Polytechnic Institute. Kemerovo, 1980. Iss.7. Pp. 15-24.
21. Kalinin A.V., Berezhnyak M.M., Pronoza V.G., Tsepilov I.I., Skachkov A.P. Substantiation of the Extraction Method and Equipment Set for Transportless Mining of a Series of Gently Dipping Seams in the Southern Kuzbass Region. *Collection of Scientific Papers № 22*. Kuzbass Polytechnic Institute. Kemerovo, 1970. Pp. 228-240.
22. Pronoza V.G. Substantiation of the Structure of Efficient Technological Complexes for Overburden Rock Handling: Specialty 05.15.03: Abstract of the Doctor of Technical Sciences Dissertation. Kemerovo, 1992. 41 p. EDN ZJNIV.
23. Vinitsky K.E. Optimization of Technological Processes in Open-Pit Mining. Moscow: NEDRA 1976. 280 p.
24. Berezhnyak M.M., Kalinin A.V., Pronoza V.G. A Method of Calculating the Width of the Caved Rubble in the Transportless System of Working a Series of Sloping Beds. *Soviet Mining Science*. 1970; 6(6):638-643. EDN YGTVQX.

© 2026 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Maxim A. Tyulenev, PhD (Eng.), Associated Professor, Head of Open Pit Mining Department, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, e-mail: tma.geolog@kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Maxim A. Tyulenev – research problem statement, data analysis, writing the text, drawing the conclusions, literature review, conceptualization of the proposed idea, writing text, performing calculations.

All authors have read and approved the final manuscript.

