

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСКАВАТОРНО-КОНВЕЙЕРНЫХ И ЭКСКАВАТОРНО- АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВСКРЫШНЫХ УСТУПОВ АНГРЕНСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА



<https://doi.org/10.5281/zenodo.7015802>

**Аннакулов Т.Ж.,
Мамадиева Л.И.**

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама
Каримова. a.tulkin1275@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

В статье изложены методика расчета энергопотребления при транспортировании вскрышных горных пород до внутреннего отвала в условиях разреза Ангренский при использовании ленточных конвейеров и автосамосвалов. По результатам исследований определены, что при отработке вскрышных уступов с применением автомобильного транспорта удельные энергозатраты на погрузку и транспортировку до внутреннего отвала на 21% выше, чем при использовании мобильных дробильно-перегрузочно-конвейерных комплексов.

Ключевые слова: *циклично-поточная технология, мобильные комплексы, экскаваторно-конвейерный комплекс, экскаваторно-автомобильный комплекс, производительность, эффективность.*

ABSTRACT

The article describes the methodology for calculating energy consumption during the transportation of overburden rocks to the internal dump in the conditions of the Angrensky open pit using belt conveyors and dump trucks. According to the research results, it was determined that when mining overburden benches using road transport, the specific energy consumption for loading and transporting to the internal dump is 21% higher than when using mobile crushing-handling-conveyor complexes.

Keywords: *cyclic flow technology, mobile complexes, excavator-conveyor complex, excavator-automobile complex, productivity, efficiency.*

ВВЕДЕНИЕ

При открытой разработке месторождений карбонатных пород,

однородных по прочности и разнопрочных с содержанием слабых разностей до 30% в комплексах с мобильными установками используются мобильные дробильные установки, мобильные межступенные перегружатели и передвижные забойные конвейеры [1,2,3,10,11,12].

Расчет экономической эффективности схем циклично-поточной технологии с применением мобильных дробильно-перегрузочных комплексов (МДПКК) выполнен в соответствии с методикой [4].

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Для выбора эффективных технологий горных работ необходимо учитывать такие основные факторы, как энергетическая эффективность и эксплуатационные затраты. Применение мобильных дробильных установок позволяет сократить количество используемого большегрузного транспорта, снизить выделяемые при разработке месторождений полезных ископаемых количество вредных газов, обеспечивая более благоприятные условия для охраны окружающей среды.

Для определения энергетической потребности процесс добычи полезных ископаемых разобьем на определённое количество «n» отдельных процессов:

$$E = \sum_{i=1}^n M_i (L_i k_{Li} k_{MLi} q_{Li} + H_i k_{MH_i} q_{Hi} + Z_э + Z_д + Z_п + Z_о), \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (1)$$

где E – энергетическая потребность процесса добычи, кВт·ч,

M_i – общая масса горных пород, транспортируемых в каждом отдельном процессе i , т;

L_i – минимальное горизонтальное расстояние между конечной точкой каждого отдельного процесса и центром масс всего транспортируемого объёма горных пород в карьере в трехмерном пространстве, км;

k_{Li} – коэффициент увеличения расстояния транспортировки, который выражается отношением между фактической длиной транспортировки пород и минимальным расстоянием по горизонтали L_i с учётом особенностей каждой отдельной технологии транспортировки;

k_{MLi} – коэффициент увеличения горизонтальных транспортируемых горных пород, определяемый как отношение всей транспортируемой массы к чистой массе транспортируемой породы. Данный коэффициент вычисляется на основании реальной грузоподъемности M_{PLi} и суммы эксплуатационных масс

$2M_{Li}$ транспортного оборудования по дороге в карьер и обратно по следующей формуле:

$$k_{MLi} = (M_{PLi} + 2M_{Li}) / M_{PLi} \quad (2)$$

$q_{L,i}$ – удельное потребление механической энергии на единицу расстояния и транспортируемой горной массы, которое вычисляется с учетом сопротивления передвижению соответствующего транспортного средства по транспортному пути $C_{R,i}$ и механического КПД привода:

$$q_{L,i} = C_{R,i} * 9,81 / (3,6 * \eta_M), \text{ кВтч / (т·км)}; \quad (3)$$

H_i – средняя высота подъема общей транспортируемой массы горных пород от начальной до конечной точки в конкретном начальном, промежуточном или конечном процессе, км;

k_{MH_i} – коэффициент увеличения транспортируемой горной массы при подъеме горных пород, определяемый как отношение всей поднимаемой массы к чистой массе горных пород. Данный коэффициент вычисляется с учетом реальной грузоподъемности $M_{PL,i}$ и эксплуатационной массы $M_{L,i}$ оборудования:

$$k_{MH_i} = (M_{PL,i} + M_{L,i}) / M_{PL,i}; \quad (4)$$

q_{Hi} – удельное потребление механической энергии на единицу высоты подъема и единицу поднимаемой горной массы вместе с массой транспортируемого оборудования. Оно не зависит от способа транспортировки и вычисляется с учетом механического КПД привода, равного приблизительно 95%:

$$q_{Hi} = \frac{9,8}{3,6 * 0,95} = 2,87, \text{ кВтч/ткм}; \quad (5)$$

$Z_3, Z_d, Z_{п}, Z_0$ – соответственно, среднее удельное потребление механической энергию на массу горных пород в экскавации, дроблении, перегрузки и отвалообразовании, кВтч/т. Коэффициенты увеличения массы и удельного потребления энергии при добыче и дроблении различных видов горных пород приведены в табл. 1.

Коэффициент увеличения расстояния транспортировки k_{Li} зависит от соотношения высоты подъема H_i к минимальному горизонтальному

расстоянию транспортировки L_i и от максимально допустимого подъёма $S_{max,i}$. Эмпирические значения коэффициентов для вычисления расстояния транспортирования и удельного энергопотребления на единицу откаточного пути и единицу транспортируемой массы приведены в табл. 2. В вычислениях учтен дополнительное увеличение транспортного пути r_i из-за необходимости выполнения маневрирования и разворотов транспортного оборудования.

Таблица 1

Коэффициенты увеличения массы и удельного потребления энергии при добыче и дроблении различных видов горных пород

		Коэффициент увеличения массы для конвейеров		Коэффициенты увеличения массы для автосамосвалов		Энергопотребление при добыче и дроблении, z, кВтч/т		
Материал	Плотность, т/м ³	Горизонтальная транспортировка, f_{MA}	Подъем, f_{MH}	Горизонтальная транспортировка, f_{MA}	Подъем, f_{MH}	Роторный многоковшовый экскаватор	Одноковшовый экскаватор	Дробилка
Глина	1,9 – 2,2	1,1 – 1,2	1,0	2,5 – 2,6	1,7 – 1,8	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2	0,05 – 0,1
Песок	1,8 – 2,0	1,1 – 1,2	1,0	2,5 – 2,7	1,8 – 1,9	0,05 – 0,1	0,05 – 0,1	0,02 – 0,05
Скальная порода	> 2,4	1,1 – 1,2	1,0	2,2 – 2,4	1,6 – 1,7	–	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3
Уголь	1,3 – 1,5	1,2 – 1,3	1,0	2,8 – 3,2	1,9 – 2,2	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2	0,05 – 0,1

Расстояние транспортирования горных пород увеличивается в случае, если максимально допустимый наклон на прямом пути от начальной к конечной точке превышает высоту в отдельном процессе:

$$k_{Li} = \frac{H_i}{S_{max} L_i} * (1 + r_i). \quad (6)$$

Таблица 2

Эмпирические значения коэффициентов для вычисления расстояния транспортирования и удельного энергопотребления на единицу откаточного пути и единицу транспортируемой массы

Показатели	Ленточный конвейер		Откаточный путь автосамосвалов	
	Подвижный	Стационарный	Временный	Постоянный
Увеличение дополнительного откаточного пути/расстояния транспортировки, г	0,1 – 0,7		0,3 – 1,0	
Максимальный угол наклона откаточного пути, S_{max}	1:4		1:10	
Удельное энергопотребление для горизонтального транспорта, q_A , кВтч / (т·км)	0,06 -0,09	0,03 – 0,06	0,3 – 0,6	0,015 – 0,3
Коэффициент сопротивления качению, $C_{R,i}$	0,02 -0,03	0,01 - 0,002	0,1- 0,2	0,05 – 0,1

Произведем расчет энергопотребления при транспортировании вскрышных горных пород до внутреннего отвала в условиях разреза Ангренский при использовании ленточных конвейеров и автосамосвалов.

На рис. 1. приведена схема расположения вскрышных конвейеров на линии ЦПТ в разрезе Ангренский. Результаты расчетов энергопотребления комплекса МДПКК и конвейерного транспорта приведены в табл. 3. При расчетах рассмотрены две технологические линии конвейеров: ленточный перегружатель + конвейеры №3.2 + №3.6 + №3.8 + №3.9 + №3.10 + отвалообразователь [6,7].

Таким образом, из полученных результатов видно, что при отработке вскрышных уступов с применением МДПКК удельные энергозатраты на погрузку, дробление и транспортировку до внутреннего отвала составляют 1,25 кВт·ч. Общий расход энергии при погрузке, дроблении и транспортировании 2500 т груза составляет 3134 кВт·ч.

Для сравнения экономической эффективности различных технологий произведен расчет автомобильного транспорта согласно данной методике. Для расчета выбран автосамосвал марки БелАЗ-75131 грузоподъемностью 130 т и собственной массой 108 т. Результаты расчета приведены в табл.4 [5].

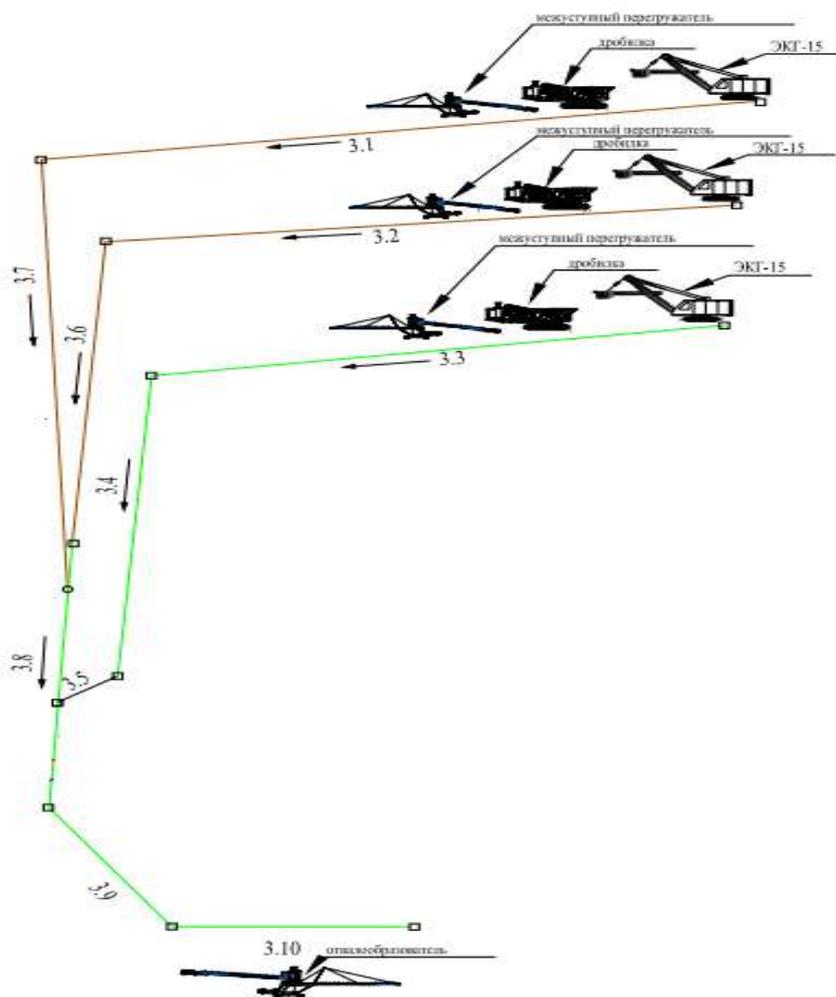


Рис.1. Схема расположения вскрышных конвейеров на линии ЦПТ в разрезе Ангренский [8,9]

Таблица 3

Результаты расчета энергопотребления комплекса МДПКК и конвейерного транспорта при отработке вскрышных уступов на разрезе Ангренский

Машины и оборудования	M_i , т	L_i , км	β , град.	H_i , м	M_{Li} , т	C_{Ri}	q_{Li} , кВтч/ТКМ	q_{Hi} , кВтч/ТКМ	Z_i , т	E , кВтч/ТКМ	ΣE , кВтч
Экскаватор	2500								0,3		750
Мобильная дробилка	2500								0,3		750
Перегружатель	2500	0,09							0,15		375
Конвейер №3.2 (забойный)	2500	0,451	1	8	59,8	0,02	0,06	3,03		0,053	132

Конвейер №3.6 (передаточный)	2500	0,476	1	9	63,2	0,02	0,06	3,03		0,05 7	142
Конвейер №3.8 (магистральный)	2500	0,29	1	5	38,5	0,02	0,06	3,03		0,03 5	88
Конвейер №3.9 (магистральный)	2500	0,718	0,5	6	95,3	0,02	0,06	3,03		0,06 6	165
Конвейер №3.10 (отвальный)	2500	0,98	0,5	9	130, 1	0,02	0,06	3,03		0,09 3	232
Отвалообразова- тель	2500								0,2		500
Итого:	2500	3,005							0,95	0,3	3134

Таблица 4

Результаты расчета энергопотребления экскаваторно-автомобильного комплекса при отработке вскрышных уступов на разрезе Ангренский

Машины и оборудования	M_i , т	L_i , км	β , град.	H_i , м	M_{Li} , т	C_{Ri}	q_{Li} , кВтч/ ткм	q_{Hi} , кВтч/ ткм	Z_i , кВтч/ т	E , кВтч/ ткм	ΣE , кВтч
Экскаватор забойный	2500								0,3		750
Участок автодороги №1 (забойный)	2500	0,451	1	8	238	0,15	0,43	2,87		0,28	697,02
Участок автодороги №2 (промежуточный)	2500	0,476	1	9	238	0,15	0,43	2,87		0,29	735,66
Участок автодороги №3 (магистральный)	2500	0,29	1	5	238	0,05	0,14	2,87		0,07	175,88
Участок автодороги №4 (магистральный)	2500	0,718	0,5	6	238	0,05	0,14	2,87		0,15	386,28
Участок автодороги №5 (отвальный)	2500	0,98	0,5	9	238	0,15	0,43	2,87		0,58	1447,4 7
Итого:	2500	3,00 5	1	37	238	0,02				1,58	3942,3 3

Из полученных результатов видно, что при отработке вскрышных уступов с применением автомобильного транспорта удельные энергозатраты на погрузку и транспортировку до внутреннего отвала составляют 1,58 кВт·ч. Общий расход энергии при погрузке и транспортировании 2500 т груза составляет 3942,33 кВт·ч.

На рис. 2 представлена зависимость удельного энергопотребления от изменения высоты подъема для экскаваторно-автомобильного комплекса и

комплекса МДПКК в условиях разреза Ангренский. При этом величины энергопотреблений соотнесены к массе транспортируемого материала и установленному расстоянию транспортирования.

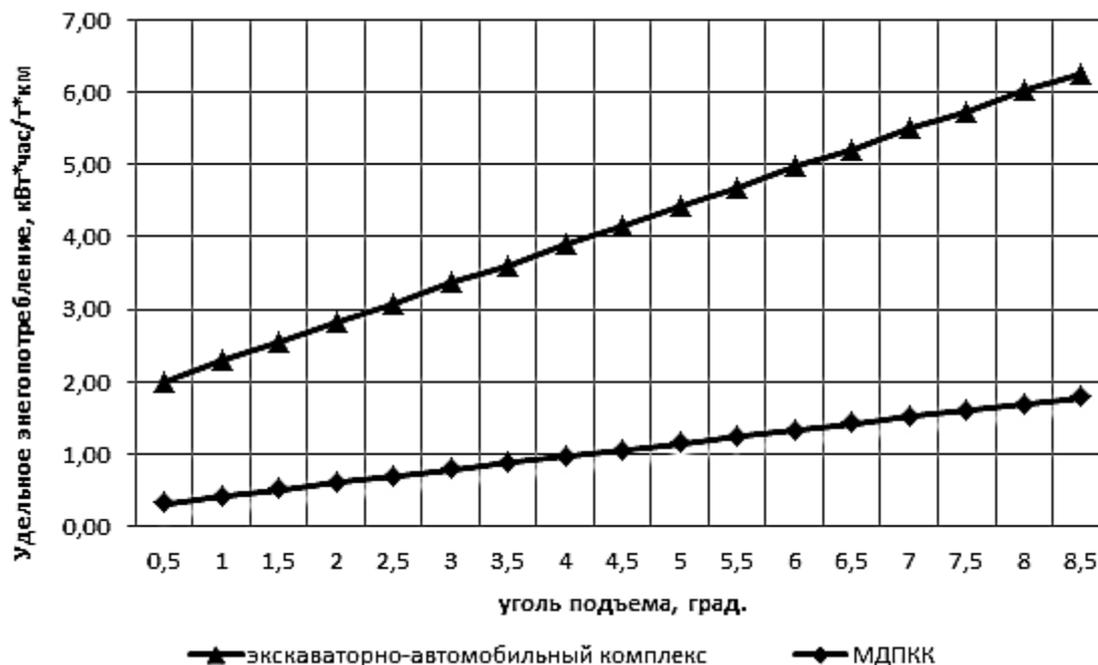


Рис 2. Зависимость удельного энергопотребления от изменения высоты подъёма для экскаваторно-автомобильного комплекса и комплекса МДПКК в условиях разреза Ангренский

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлено, что при отработке вскрышных уступов с применением МДПКК удельные энергозатраты на погрузку, дробление и транспортировку до внутреннего отвала составляет 1,25 кВт·ч. Общие удельные энергозатраты экскаваторно-автомобильного комплекса при погрузке и транспортировании 2500 т груза составляет 1,58 кВт·ч. Установлено, что комплекс МДПКК потребляет на 21% меньше энергии, чем при использовании экскаваторно-автомобильного комплекса.

REFERENCES

1. Пулатов А.Ш., Аннакулов Т.Ж. Существующая состояния и перспективы развития производственной мощности разреза Ангренский. Central asian journal of theoretical and applied sciences. Vol: 03 Issue: 05|May 2022. P.218-225.

2. Усманов Н.С., Цой И.В., Иркабаев У.У. и др. Опыт внедрения циклично-поточной технологии на вскрышном комплексе разреза Ангренский // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – №1. – С. 82-86.
3. Annakulov T.J., Gaibnazarov S.B., Kuvandikov O.A. et al. Development of a methodology for determining the economic efficiency of cyclic-flow technology schemes for rock mining using mobile crushing and reloading conveyor. Complexes. Cite as: AIP Conference Proceedings 2432, 030115 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0089668>.
4. Виктор Раац, Ульрих Ментгес. Расчет энергозатрат горно-добывающего оборудования / Виктор Раац, Ульрих Ментгес. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \WWW/ URL: <http://giab-online.ru/catalog/10519.pdf>.
5. Annakulov T.J. & Abdumitalipov I. The current state and characteristics of the excavator-automobile complex at the Kalmakyr open cast mine. III International Scientific and Practical Conference «Theoretical and empirical scientific research: concept and trends», 2021; Vol. 1: 161-165. <https://doi.org/10.36074/logos-28.05.2021.v1.49>.
6. Bulatov G.Y. & Annakulov T.J. Investigation of the width of the entry of an excavator when loading a mobile crushing plant in the conditions of the Angren coal mine of Uzbekistan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021; 937: 042088. <https://doi:10.1088/1755-1315/937/4/042088>.
7. Annakulov Tulkin, Eshonqulov Kamoljon, Mamatov Dostonbek. Application of belt conveyors and determination of the main parameters of mobile complexes for the transportation of overburden rocks of the Angren coal mine. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 2021; Volume 9. No. 4: 383-389. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2021/08942021>
8. Мирсаидов Г.М., Раимбердиев С.У., Абдуллаев А.А. Определение оптимальной ширины заходки экскаватора при применении мобильных комплексов в условиях разработки вскрышных уступов разреза Ангренский. Материалы международной научно-практической конференции «LXI международные научные чтения (памяти А.Н. Колмогорова)»: Сборник статей. – Москва: 16 декабря 2019 г. – С.67-73.
9. Annakulov T.J., Zairov Sh.Sh., Kuvandikov O.A. Justification, selection and calculation of technological parameters of equipment kits of mobile crushing-reloading-conveyor complexes // International Journal Of Advanced Research in Science, Engineering and Technology.– India: National Institute of Science

Communication and Information Resources, 2019, February. – Vol.6. – Issue 2. – pp. 8072-8079.

10. Annakulov T.J. Development of technological schemes for open-pit mining of deposits using “mobile crushing-reloading-conveyor complexes”. E3S Web of Conferences, 2020; 201: 01010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101010>.

11. Toshov J.B., Quvondiqov O.A. & Eshonqulov K. Calculation of the service life and assessment of the reliability of conveyor rollers under the conditions of the Angren coal mine. Asian Journal of Multidimensional Research (AJMR), 2021; Vol.10, Issue 3: 365-370. <http://doi.org/10.5958/2278-4853.2021.00139.7>

12. Annakulov Tulkin, Shamsiev Raxim & Kuvandikov Oybek. Mathematical modeling of determining the productivity of mobile complexes in exercise of inclined connecting accessories. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 2020; Volume 8. No. 6: 2695-2700. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/77862020>

13. Заиров Ш.Ш., Кувондиқов О.А., Шарипов Л.О. Расчет технологических параметров комплектов оборудования мобильных дробильно-перегрузочно-конвейерных комплексов // Научно-технический и производственный журнал «Горный Вестник Узбекистана». -Навои, 2019. - № 3. -С.29-34.