

УДК 622.647.2

Ю.Д. Красников, Т.П. Щерба

АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА ПРИ ДОБЫЧЕ СИЛЬВИНИТА

Проведён анализ средневзвешенной теоретической производительности комбайна. Она определяется средневзвешенным моментом, развиваемым электродвигателем и средневзвешенными удельными энергозатратами. Средневзвешенный момент, развиваемый электродвигателем, и средневзвешенные удельные энергозатраты существенно зависят от передаточного числа трансмиссии привода исполнительного органа.

Ключевые слова: очистной комбайн, производительность, мощность пласта, шнековый исполнительный орган, ширина захвата, мощность и передаточное число привода, энергозатраты, разрушение массива, сопротивление резанию.

Задача определения теоретической средневзвешенной производительности комбайна носит многофакторный и многовариационный характер. Для ее решения принимаем метод полного перебора факторов и вариантов.

Теоретическая производительность очистного комбайна определяется количеством калийной соли, добытой за единицу времени (минуту) при непрерывной его работе

$$Q = H_{пл} \times B \times V_{п} \times \gamma, \text{ т/мин}, \quad (1)$$

где $H_{пл}$ — вынимаемая мощность пласта, м; B — ширина захвата исполнительного органа, м; $V_{п}$ — максимально возможная в конкретных условиях скорость подачи комбайна, м/мин; γ — плотность калийной соли, т/м³.

Максимально возможная скорость подачи комбайна определяется как предельно допустимая исходя из устойчивой работы его электрического привода и определяется из условия

$$P = P_{уст} \times \alpha \times \eta, \quad (2)$$

где P — мощность на исполнительном органе очистного комбайна при разрушении пласта калийной соли в кон-

кретных горно-геологических условиях при скорости подачи $V_{п}$, кВт; $P_{уст}$ — установленная мощность привода, кВт; α — коэффициент, учитывающий расход энергии на перемещение комбайна (или на привод других вспомогательных узлов) и выгрузку продуктов разрушения из забоя; η — коэффициент полезного действия трансмиссии привода исполнительного органа.

Для полного использования устойчивого момента привода необходимо, чтобы текущая скорость перемещения очистного комбайна $V_{пj}$ была больше максимально возможной скорости механизма перемещения $V_{п \max}^{м.п.}$ или, чтобы текущая максимальная глубина реза h_{\max} была больше радиального конструктивного вылета резцов l_p . Значения текущего значения теоретической производительности комбайна определяются по зависимостям:

$$Q_{пj} = H_{пл} B V_{п \max}^{м.п.} \gamma, \text{ т/мин},$$

$$\text{при } V_{пj} \geq V_{п \max}^{м.п.} \quad (3)$$

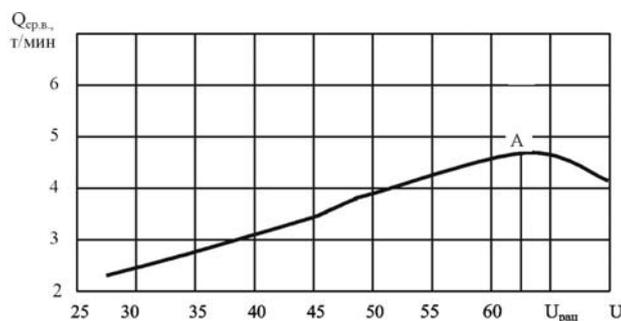


Рис. 1 Зависимость средневзвешенной производительности комбайна от передаточного числа трансмиссии привода исполнительного органа

$$Q_{тj} = H_{пл} B_3 l_p n_{рл} \frac{n_{дв}}{U_{тр}} \gamma, \text{ т/мин},$$

при $h_{\max j} \geq l_p$ (4)

где $n_{рл}$ — число резцов в линии резания забойной группы режущего инструмента; $U_{тр}$ — передаточное число трансмиссии привода исполнительного органа очистного комбайна; $n_{дв}$ — частота вращения вала электродвигателя, мин^{-1} .

В случае, когда полное использование устойчивого момента ограничивается устойчивостью очистного комбайна на раме конвейера или максимальным тяговым усилием механизма перемещения текущие значения теоретической производительности определяются по зависимостям:

$$Q_{тj} = H_{пл} B V_{п.уст} \gamma, \text{ т/мин} \quad (5)$$

$$Q_{тj} = H_{пл} B V_{п.т.у} \gamma, \text{ т/мин} \quad (6)$$

где $V_{п.уст}$ — максимальное значение скорости перемещения комбайна, при котором устойчивость комбайна на раме конвейера не нарушается; $V_{п.т.у}$ — максимальная скорость перемещения, при которой тяговые усилия механизма перемещения достаточно для нормальной работы очистного комбайна.

Достигнутый в настоящее время уровень математического описания и алгоритмизации процесса формирования нагрузок на инструментах, исполнительном органе, в трансмиссии и других элементах выемочных машин позволил разработать рабочие программы для решения задач с помощью ЭВМ, применение которых позволяет:

- имитировать случайные составляющие нагрузок на режущем инструменте;
- осуществлять быстрое решение большого количества математических уравнений, в том числе и дифференциальных, позволяющих оценивать состояние системы в любой фиксированный момент времени;
- непосредственно получать статистические характеристики выходных величин без дополнительных аппаратных затрат.

Исследование зависимостей средневзвешенной производительности комбайна от условий его работы производилось аналитически с использованием пакета программ автоматизированной системы научных исследований. При построении многофакторных регрессионных моделей использовались как классические методы включения, так и метод отключения [1—3]. При этом выбиралась регрессионная зависимость, имеющая наибольшее значение T-критерия значимости, превосходящее заданное значение заданной вероятности 0,9.

Средневзвешенная теоретическая производительность комбайна определяется средневзвешенным моментом, развиваемым электродвигателем и средневзвешенными удельными энергозатратами.

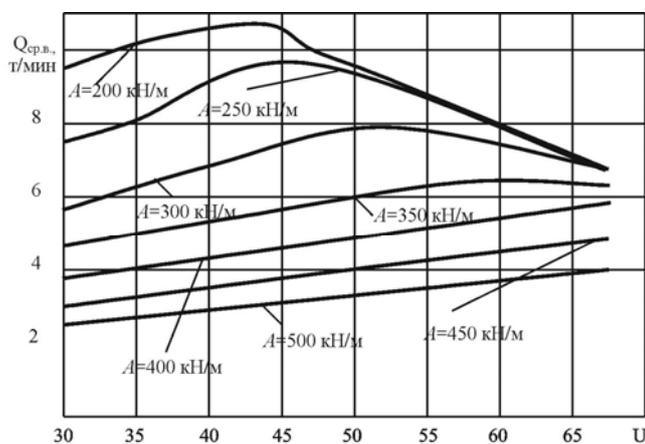


Рис. 2. Влияние сопротивляемости пласта резанию на $Q_{ср.в}$ и $U_{рац}$

Средневзвешенный момент, развиваемый электродвигателем, и средневзвешенные удельные энергозатраты существенно зависят от передаточного числа трансмиссии привода исполнительного органа.

На рис. 1 приведена зависимость средневзвешенной производительности комбайна КШЗМ, укомплектованного электродвигателями ИДКО5РУ5, полученная для пласта мощностью 2,6 м и математического ожидания сопротивляемости резанию $A = 350$ кН/м.

Из графика зависимости средневзвешенной производительности комбайна от передаточного числа трансмиссии привода исполнительного органа видно, что кривая $Q_{ср.в} = f(U)$ выпуклая и имеет максимум, точка А, который соответствует рациональному передаточному числу $U_{рац}$.

Анализом установлено, что значение $Q_{ср.в}$ при $U < U_{рац}$ меньше из-за повышенных удельных энергозатрат на разрушение массива пласта, обусловленных повышенной частотой вращения исполнительного органа и, следовательно, уменьшенными толщинами среза. При $U > U_{рац}$ средне-

взвешенная теоретическая производительность комбайна снижается из-за ограничения, обусловленного радиальным вылетом резцов, и связанным с этим неполным использованием устойчивого момента электродвигателя.

Значения рационального передаточного числа трансмиссии привода исполнительного органа и средневзвешенной теоретической производительности комбайна существенно зависят от параметров исполнительного органа, приводного электродвигателя, сопротивляемости пласта резанию и др.

Из графиков, приведенных на рис. 2 при различных математических ожиданиях сопротивляемости пласта резанию следует, что значения рационального передаточного числа и средневзвешенной производительности комбайна типа КШЗМ существенно зависят от сопротивляемости пласта резанию.

Так, например, при изменении сопротивляемости пласта резанию от 200 до 300 кН/м рациональное передаточное число изменяется с 43 до 54 (в 1,26 раза). При этом средневзвешенная производительность комбайна снижается с 10,5 до 7,9 м/мин. Причем при увеличении сопротивляемости пласта резанию значение рационального передаточного числа также увеличивается. Для сопротивляемости пласта резанию 350 кН/м, характерной для 2-го горизонта ЗРУ РУП «ПО «Беларуськалий», максимальное значение производительности комбайна достигается при передаточном числе равном примерно 60.

Поэтому для горно-геологических условий 2-го горизонта ЗРУ было

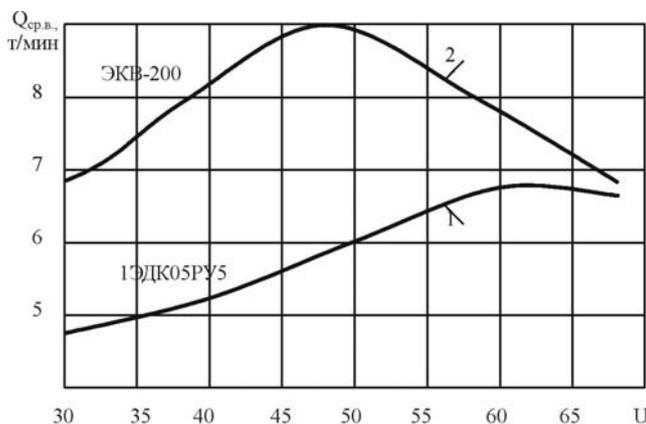


Рис. 3. Влияние типа электродвигателей на $Q_{ср.в}$ и $U_{рац}$

принято передаточное число $U = 60$, позволяющее повысить средневзвешенную производительность примерно на 12 %. Это значение увеличения средневзвешенной производительности комбайна получено по зависимостям, учитывающим только изменение удельных энергозатрат и ограничения. Следует отметить, что при изменении режима разрушения снижается также неравномерность нагрузки на исполнительном органе и повышается устойчивость комбайна на раме конвейера. Как известно, эти факторы приводят к повышению теоретической производительности комбайна.

На рис. 3 приведены зависимости средневзвешенной теоретической производительности комбайна от передаточного числа трансмиссии привода исполнительного органа при укомплектовании комбайна электродвигателями ИДКО5РУ5 (кривая 1) и электродвигателями ЭКВ-200 (кривая 2) при сопротивлении пласта резанию $A = 350$ кН/м.

Из анализа графиков следует, что значения рациональных передаточных чисел существенно зависят от типа приводного электродвигателя.

Каждому типу электродвигателя в одних и тех же горно-геологических условиях соответствует свое рациональное передаточное число. Например, при сопротивляемости пласта резанию $A = 350$ кН/м, рациональное передаточное число для трансмиссии комбайна укомплектованного электродвигателем ЭКВ-200 $U_{рац} = 47$, а при

укомплектовании электродвигателем ИДКО5РУ5 $U_{рац} = 63$, при этом сред-

невзвешенная производительность комбайна увеличивается в 1,33 раза (с 6,73 до 8,97 м/мин).

На очистных комбайнах применяются шнековые исполнительные органы с различными схемами набора режущего инструмента. Одним из основных конструктивных параметров шнековых исполнительных органов является число резцов в линии резания. Для оценки влияния этого параметра на средневзвешенную производительность и рациональное значение передаточного числа трансмиссии привода исполнительного органа были определены зависимости средневзвешенной производительности комбайна от передаточного числа трансмиссии привода исполнительного органа при оснащении комбайна КШЗМ двухзаходным шнеком (двумя резцами в линии резания, кривая 1 на рис. 4) и трехзаходным шнеком (с тремя резцами в линии резания, кривая 2). Зависимости определены для комбайна, эксплуатирующегося на пласте мощностью 2,6 м с математическим ожиданием сопротивляемости пласта резанию $A = 350$ кН/м.

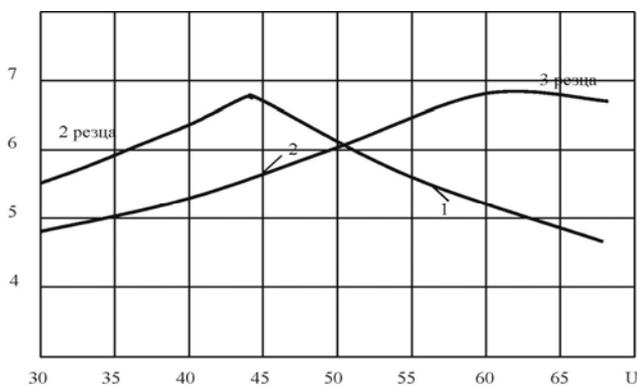


Рис. 4. Влияние количества резцов в линии резания на $Q_{ср.в}$ и $U_{рац}$

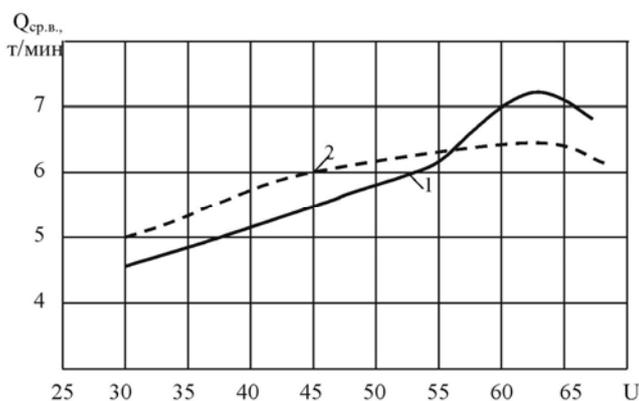


Рис. 5. Влияние коэффициента вариации сопротивления пласта резанию ν на $Q_{ср.в}$ и $U_{рац}$

Анализ полученных зависимостей показал, что при увеличении числа резцов в линии резания с 2 до 3 рациональное передаточное число увеличивается с 44 до 63.

При применении трехзаходного шнекового исполнительного органа за счет меньшей скорости вращения исполнительного органа уменьшается износ резцов, а следовательно и время на их замену, что влечет за собой повышение эксплуатационной производительности.

При вычислении рационального передаточного числа трансмиссии

привода исполнительного органа комбайна типа КШЗМ коэффициент вариации сопротивляемости резания пласта по длине лавы определен по данным замеров и был принят $\nu = 0,13$. Однако, из-за отсутствия достаточного числа статистических данных были проведены исследования с целью определения вносимой погрешности в значения рационального передаточного числа трансмиссии привода исполнительного органа. Для этого определялась зависимость средневзвешенной производительности комбайна от передаточного числа трансмиссии привода исполнительного органа при укомплектовании комбайна КШЗМ электродвигателями

ИЭДКО5РУ5, при эксплуатации на пласте мощностью 2,6 м с математическим ожиданием сопротивляемости пласта резанию $A = 350$ кН/м, при коэффициентах вариации $\nu = (0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25)$. На рис. 5 приведены в качестве примера зависимости средневзвешенной производительности при $\nu = 0,05$ (кривая 1) и $\nu = 0,25$ (кривая 2).

Анализ полученных зависимостей показал, что при изменении коэффициента вариации смещения рационального передаточного числа практически не происходит. Из приведенного графика видно, что при меньших коэффициентах вариации более выражено приращение средневзвешенной производительности комбайна от изменения передаточного числа трансмиссии. Например, при $\nu = 0,05$

изменение передаточного числа от 50 до 60 приводит к увеличению средневзвешенной производительности комбайна на 23 %.

Это позволяет утверждать, что для обоснованного выбора режимов работы

очистных комбайнов необходимо знание не только математических ожиданий сопротивляемости пласта резанию, но и их коэффициентов вариации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Драйнер Н., Смит Г.* Прикладной регрессивный анализ. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.
2. *Бренер В.А.* и др. Режимы работы комбайнов для добычи калийных руд. – М.: Недра, 1978. – 216 с.

3. *Калугин П.А., Морев А.Б.* Горные машины фирмы «АЙКХОФФ» на калийных рудниках Беларуси. – Минск: ГНПМП «Информпрогресс», 1993. – 110 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Красников Ю.Д., доктор технических наук, профессор. Московский Государственный открытый университет,

Шерба Т.П., кандидат технических наук, ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», E-mail: ipr@sipr.by)



UDC 622.647.2

AN ANALYSIS OF A THEORETICAL PERFORMANCE OF A SHEARER BY MINING OF SILVINIT

Krasnikov V.D., Moscow State Open University, Ph.D., Prof.,

Shcherba T.P., Closed Joint Stock Company "Soligorsk Institute for problems of resources savings with Pilot production", Ph.D., Belarus,

The article analyzes a theoretical average efficiency of a shearer. It is determined by a weighted average torque developed by an electric motor and a weighted average specific power consumption. A weighted average torque developed by an electric motor and average specific energy depends strongly on the gear transmission drive of a cutting drum.

The presented graphs plotted at various mathematical expectations of seam cutting resistance show that the values of rational transmission number and weighted mean capacity of a cutter-loader of the type of KSH3M drastically depend on the seam cutting resistance.

Out of basic design parameters of auger-type effectors, the number of cutters in a cutting row is very important. In order to estimate the influence exerted by this parameter on the weighted mean capacity and the rational transmission number of the cutter-loader effector drive, the relations of the weighted mean cutter-loader capacity and the effector drive transmission number are obtained for the KSH3M cutter-loader equipped with double spiral vane drum (two cutters in cutting line) and triple spiral vane drum (three cutters in cutting line).

Analysis of the obtained relations yields that no shift in the rational transmission number takes place on the change in the variation factor. At lower variation factors, the increment in the weighted mean capacity of the cutter-loader due to the change in the transmission number is more pronounced.

Key words: Longwall shearer, capacity, thickness of a seam, cutting drum, web depth, power and gear drive, energy costs, destruction of rock mass, resistance to cutting.

REFERENCES

1. *Draper N., Smith H.*, 1973. Applied Regression Analysis [Russian translation], Moscow: Statistika. P. 392.
2. *Brener V.A. et al.*, 1978. Operational Modes of Potash Cutters-Loaders. Moscow: Nedra. P. 216.
3. *Kalugin P.A., Morev A.B.*, 1993. The Eickhoff Mining Machinery in Potash Open Pit Mines in Belarus. Minsk: Informprogress. P. 110.