

## Научная статья

УДК 622-1/-9, 622.023

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-6-24-31

Линник Юрий Николаевич, Линник Владимир Юрьевич\*

Государственный университет управления

\*E-mail: vy\_linnik@guu.ru

ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ  
ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ ВЫЕМОЧНЫХ МАШИН

## Информация о статье

Поступила:

12 октября 2023 г.

Одобрена после

рецензирования:

30 ноября 2023 г.

Принята к печати:

01 декабря 2023 г.

Опубликована:

21 декабря 2023 г.

## Ключевые слова:

выемочная машина, исполнительный орган, угольный пласт, особенности работы исполнительного органа, характеристики разрушаемости, параметры, схема расстановки инструмента, наработка на отказ, исчерпание ресурса, надежность

## Аннотация.

При выемке угольных пластов сложного строения, содержащих крепкие породные прослойки и крупные твердые включения, большое влияние на производительность добычных машин и сортность угля оказывают особенности функционирования исполнительных органов. Их конструктивные параметры зависят от характеристик разрушаемости угольного массива, носящих случайный характер, и от параметров схем расстановки режущего инструмента, меняющихся в процессе исчерпания ресурса исполнительного органа. В этой связи были проведены исследования, целью которых являлось выявить основные особенности разрушения угольных пластов исполнительными органами выемочных машин и их влияние на эффективность функционирования выемочных машин. Показано, что задача по выбору параметров исполнительных органов должна решаться путем достижения оптимума при различных сочетаниях влияющих факторов, что предопределяет выбор обобщенного критерия оптимизации (целевой функции), позволяющего при эксплуатации выбирать наилучшую конструкцию исполнительного органа или при проектировании выбирать его оптимальные параметры. Значительное внимание в исследовании уделено прогнозированию надежности исполнительного органа в процессе исчерпания его ресурса по причине отказов резцедержателей. В этой связи влияющим на процесс разрушения угля является изменение параметров схем расстановки резцов в процессе исчерпания ресурса исполнительного органа выемочной машины по отказам резцедержателей, определяющее его надежность при эксплуатации. В этой связи рассмотрена блок-схема расчета надежности исполнительного органа и приведен в укрупненном виде алгоритм, позволяющий определить вероятность безотказной работы исполнительного органа по отказам резцедержателей и резцов при заданном уровне наработки исполнительного органа и, наоборот, с заданной вероятностью определить требуемые наработки, на которые можно рассчитывать в конкретных условиях эксплуатации исполнительного органа.

**Для цитирования:** Линник Ю.Н., Линник В.Ю. Особенности разрушения угольных пластов исполнительными органами выемочных машин // Горное оборудование и электромеханика. 2023. № 6 (170). С. 24-31. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-6-24-31, EDN: FOBWVF

Основные особенности работы исполнительных органов выемочных (угледобывающих, очистных) машин связаны с:

- непрерывностью процесса разрушения угля, протекающего с относительно высокими скоростями;
- значительным числом взаимосвязанных факторов, определяющих процесс разрушения угольного массива;

- влиянием на процесс разрушения внешних воздействий, носящих случайный характер и поэтому не поддающихся контролю;

- влиянием на процесс разрушения угля изменения параметров схем расстановки резцов в процессе исчерпания ресурса исполнительного органа выемочной машины по отказам резцедержателей.

Раскрывая эти особенности, можно отметить следующее:

1. Работа исполнительных органов выемочных машин происходит при непрерывно и случайным образом меняющихся внешних воздействиях, обусловленных изменчивостью в пространстве и во времени характеристик разрушаемости угольных пластов. Они определяют уровень и динамику внешних воздействий, влияющих как на показатели эффективности функционирования исполнительных органов, так и на уровень их надежности [1-3].

2. Выемка угля исполнительным органом является результатом двух сочетающихся процессов – разрушение угольного массива и эвакуация продуктов разрушения. При этом одни и те же параметры исполнительного органа по-разному (порой прямо противоположно) влияют на эффективность обоих процессов, что требует их оптимизации.

3. В процессе эксплуатации и по мере истощения ресурса (надежности) исполнительного органа происходит изменение параметров схемы расстановки резцов [4]. Происходит это главным образом из-за отказов резцедержателей. Учитывая, что параметры схемы расстановки резцов влияют на режимы и энергозатраты при резании, а следовательно, и на показатели эффективности функционирования исполнительного органа, такие как производительность (скорость подачи) выемочной машины, энергоемкость выемки и сортность угля, то при оптимизации процесса выемки угля факторы, его характеризующие, следует увязывать с характеристиками надежности.

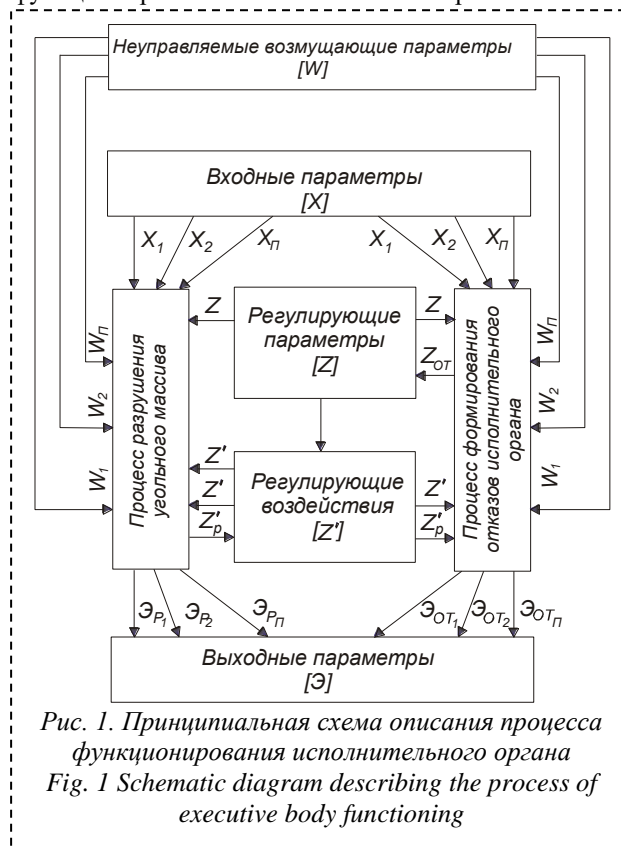
4. Работа исполнительного органа происходит в условиях ограничений по рабочим скоростям и производительности, вызванных необходимостью их согласования с режимами других операций по добыче угля.

5. При работе исполнительного органа помимо наибольшей (допустимой по технологическим соображениям) производительности выемочной машины должны обеспечиваться удовлетворительная сортность угля и допустимый уровень запыленности рабочего пространства. Поскольку оптимумы по этим факторам могут не совпадать, то расчеты, связанные с выбором параметров процесса разрушения пласта, должны обеспечивать режимы работы, дающие наилучшее сочетание величин указанных показателей [5].

Таким образом, задача по выбору параметров исполнительных органов должна решаться путем достижения оптимума при различных сочетаниях влияющих факторов, а параметры режимов их работы должны согласовываться с другими процессами по добыче угля [1, 6-8].

Положения, изложенные выше, свидетельствуют о том, что выбор параметров исполнительного органа угледобывающей машины не может быть осуществлен в результате однозначного решения. Последнее предопределяет выбор обобщенного критерия оптимизации (целевой функции), позволяющего при эксплуатации выбирать наилучшую конструкцию исполнительного органа или при проектировании выбирать его оптимальные параметры [9-12]. С этой целью предлагается многофакторная

принципиальная схема (Рис. 1) описания процесса функционирования исполнительного органа.



Согласно этой схеме работа исполнительного органа характеризуется двумя процессами, первый из которых определяет собственно процесс разрушения угольного массива, а второй – процесс формирования отказов исполнительного органа. На оба эти процесса в соответствии с характером участия действуют следующие группы параметров:

1. Параметры входной группы ( $X_1, \dots, X_n$ ), характеризующие угольный пласт не только как объект разрушения, но и как объект, взаимодействие с которым определяет отказы элементов исполнительного органа.

2. Параметры выходной группы ( $\mathcal{E}_1, \dots, \mathcal{E}_n$ ), определяющие эффективность функционирования и надежность исполнительного органа. Они подразделяются на группы параметров, характеризующих результаты процесса разрушения угольного массива (скорость подачи, сортность угля, энергоемкость, пылеобразование и др.) и уровень надежности исполнительного органа.

3. Управляющие параметры ( $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ ), характеризующие технические возможности выемочной машины и исполнительного органа, которые подразделяются на регулирующие параметры и регулирующие воздействия. Регулирующие параметры (конструкция исполнительного органа, тип режущего инструмента и параметры схемы расстановки его) являются предметом выбора при конструировании исполнительного органа и не подлежат изменению в процессе эксплуатации. Напротив, регулирующие воздействия (скорости подачи и резания, потребляемая мощность, ширина захвата и др.) могут изменяться в процессе эксплуатации, и

задача состоит в нахождении закономерностей их изменения, обеспечивающих достижение наилучших выходных параметров.

4. Неуправляемые возмущающие параметры ( $W_1, W_2, \dots, W_n$ ), которые носят случайный характер. В первую очередь это относится к характеристикам разрушаемости угольного массива. При описании их вероятностными характеристиками из-за наличия в пласте крепких неоднородностей, точное распределение которых в пласте предсказать невозможно, имеют место выбросы, лежащие за пределами принятого статистического распределения. То же самое относится к самому исполнительному органу. Наличие скрытых дефектов при изготовлении часто приводит к непредсказуемым отказам, приводящим иногда к аварийным ситуациям.

Возможны следующие варианты связей различных групп параметров:

*Зависимость параметров выходной группы  $[Э]$  от входных параметров  $[X]$  при  $[Z] = const$ .* Эта взаимосвязь, определяемая уравнением  $[Э] = f[X]$ , позволяет рассчитывать наиболее вероятное значение параметров выходной группы  $[Э]$  при определенных значениях входных параметров  $[X]$ . В частности, если известны такие характеристики разрушаемости угольного пласта, как сопротивляемость его резанию и показатель степени хрупкости угля, то для угледобывающего комбайна с заданными параметрами  $[Z]$  можно рассчитать ожидаемую теоретическую производительность и сортность продуктов разрушения. Знание же наряду с этими характеристиками величин показателей, характеризующих сложность геологического строения пласта, позволяет определить показатели надежности исполнительного органа с заданными конструктивными параметрами.

*Зависимости параметров выходной группы  $[Э]$  от регулирующих параметров.* Общие уравнения для таких зависимостей имеют вид  $[Э] = f_2[Z]$  при  $[X] = const$ . Зависимости такого вида позволяют для конкретных условий эксплуатации и заданной конструкции исполнительного органа рассчитывать выходные параметры при изменении регулирующих параметров, обусловленных отказами резцедержателей. В частности, могут быть определены стоимостные затраты, производительность, энергозатраты и сортность угля в функции от меняющихся по мере отказов резцедержателей параметров схемы расстановки резцов на исполнительном органе конкретного типа и в конкретных условиях эксплуатации. Для исполнительных органов различных конструкций, параметры которых по мере наработки остаются неизменными, по зависимостям вида  $[Э] = f_2[Z]$  может быть оценено влияние конструкции на выходные параметры.

*Зависимости управляющих воздействий от входных параметров  $[Z] = f_1[X]$ .* Уравнения такого вида позволяют определить наиболее вероятные значения режимных параметров в зависимости от различных сочетаний входных параметров  $[X]$ . При этом должно быть учтено, что входные параметры влияют на отказы элементов исполнительного ор-

гана, в свою очередь характеризующих параметры группы  $[Z]$ .

*Зависимости управляющих воздействий от управляющих параметров  $[Z] = f_2[Z]$ .* При помощи таких зависимостей может быть оценено влияние меняющихся при отказах резцедержателей или резцов параметров исполнительного органа на режимные параметры комбайна и тем самым оценено влияние его надежности на показатели эффективности функционирования процесса выемки угля.

*Зависимость параметров выходной группы от совместного влияния входных и управляющих параметров  $[Э] = f\{[X], [Z], [Z']\}$ .* Совместное рассмотрение всех связей в уравнениях такого вида дает наиболее полное математическое описание исследуемых выходных параметров и на этой основе позволяет находить их оптимальное сочетание.

Каждая из рассмотренных взаимосвязей в свою очередь может быть развернута в уравнение, учитывающее параметры, входящие в группы. Чем больше переменных будет учтено в уравнениях, тем полнее и точнее будет результат решения. Следует, однако, иметь в виду, что часть воздействий остается за пределами контроля. Поэтому результат решения каждого из уравнений должен рассматриваться как усредненный либо с определенным уровнем вероятности. Справедливость же решения оценивается уровнем точности.

Несмотря на многообразие факторов, влияющих на эффективность функционирования исполнительных органов, в целом вопросы ее увеличения могут быть разрешены за счет:

1. Правильного выбора рациональной области применения исполнительных органов. При этом заданными являются управляющие параметры, выполняющие роль технических ограничений, и значения конкретных входных параметров. Необходимо установить требуемый уровень обобщенного критерия оптимизации при рациональном соотношении входных и управляющих параметров.

2. Выбора оптимальных параметров исполнительных органов (с точки зрения эффективности разрушения и требуемого уровня надежности) применительно к конкретным условиям эксплуатации.

Общей особенностью решения этих задач является то, что при существенной вариации входных параметров и качества изготовления исполнительных органов определение количественных значений отдельных параметров должно учитывать не только их средние значения, но и статистические характеристики. Определение последних удобней всего производить на основе законов распределения исследуемой случайной величины с увязкой параметров распределения с влияющими факторами.

Выбор рациональной области применения исполнительного органа той или иной конструкции в методологическом плане связан с необходимостью классификации условий их применения. Для этого из всех входных параметров необходимо правильно выделить все основные характеристики разрушаемости и геологического строения угольных пла-

стов, влияющие на надежность и эффективность функционирования исполнительного органа, и по совокупным оценкам разделить пласты по группам типовых условий. Другими словами, ставится задача решения уравнений вида  $[Э] = f[X]$  и на основе оценки значимости взаимосвязей выделяются основные признаки, по которым строится классификация.

На эффективность процесса разрушения выемочных машин большое влияние оказывает надежность режущего инструмента [13-15]. Как было показано выше, одним из основных факторов, влияющих на процесс разрушения угля, является изменение параметров схем расстановки резцов в процессе истощения ресурса исполнительного органа выемочной машины по отказам резцедержателей, определяющего его надежность при эксплуатации. Поэтому важно знать, до какого уровня истощения ресурса изменившиеся параметры несущественным образом влияют на режимные параметры процесса разрушения угля выемочной машиной. В этой связи рассмотрим в общем виде модель надежности исполнительных органов на примере очистных комбайнов, получивших наибольшее применение при добыче угля подземным способом.

В расчетах надежности сложных изделий различают системы с последовательным и параллельным соединением элементов (узлов) [16]. Если в системе отсутствуют дублирование (резервирование) элементов (узлов), то ее относят к последовательно соединенной, в которой отказ любого из элементов влечет отказ всего изделия. В принципе исполнительный орган (например, шнековый) выемочной машины также является системой с последовательным соединением некоторых узлов (крепление корпуса на валу привода, корпус шнека) и элементов (резцедержатели, резцы). Однако при эксплуатации шнеков отказ одного из резцедержателей не оказывает заметного влияния на показатели эффективности работы комбайна. Как правило, при эксплуатации допускаются отказы такого количества резцедержателей, более которого комбайн начинает работать с производительностью и динамической нагруженностью, не допустимой исходя из требований эксплуатации. Учитывая, что при отказе одного или нескольких резцедержателей функции по разрушению пласта принимают на себя соседние с ними резцы, комплект резцедержателей с позиций теории надежности следует рассматривать как систему, состоящую из некоторого количества блоков ( $n_{бл}$ ), каждый из которых включает в себя  $n_{рд}$  параллельно соединенных резцедержателей с постоянно нагруженным резервом. Количество резцедержателей в блоке, которые можно считать резервными, обусловлено условиями эксплуатации и схемой расстановки инструмента, определяющими динамичность работы комбайна. Резерв после выхода из строя ряда резцедержателей считается полностью истощенным, когда исполнительный орган становится неуравновешенным, а дальнейшая работа комбайна становится невозможной. Таким образом, можно считать, что шнековый исполнительный орган представляет собой систему после-

довательно соединенных узлов и блоков резцедержателей, причем в каждом из блоков находится  $n_{рд}$  параллельно работающих резцедержателей и рез-

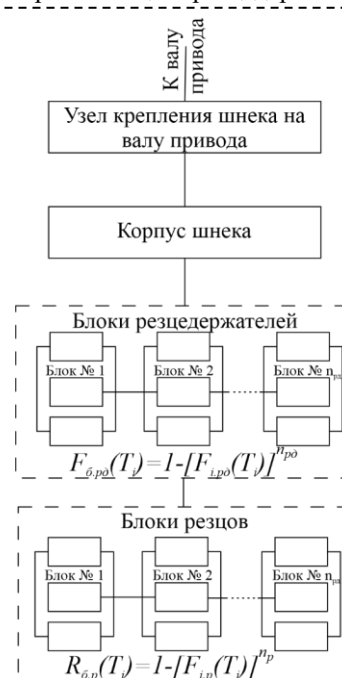


Рис. 2. Блок-схема расчета надежности исполнительного органа

Fig. 2. Block diagram of reliability calculation actuator

цов  $n_p$ .

На Рис. 2 показана блок-схема расчета надежности шнекового исполнительного органа, построенная на основании вышеизложенных рассуждений. Как видно из схемы, выход из строя исполнительного органа возможен в случаях отказов:

- узла крепления шнека на валу привода;
- корпуса шнека из-за недопустимо высокого уровня износа лопастей;
- одного из блоков резцедержателей и резцов с постоянно нагруженным резервированием.

При расчетах показателей эффективности применения очистных комбайнов следует иметь в виду, что при отказах резцов восстановление работоспособности комбайна производится без замены шнека и не требует дополнительных затрат, связанных с его транспортировкой и ремонтом.

Полагая отказы последовательно соединенных блоков и узлов шнека случайными независимыми событиями, вероятность безотказной работы шнека (без резцов) в течение заданной наработки  $T_i$ , можно представить в виде

$$R_{и.о}(T_i) = R_{б.рд}(T_i)R_{кр}(T_i), \quad (1)$$

где  $R_{б.рд}(T_i)$  – и  $R_{кр}(T_i)$  – вероятность безотказной работы соответственно блока резцедержателей и узла крепления шнека.

Вероятность того, что один или оба из узлов (блоков) шнека откажут, равна

$$F_{и.о}(T_i) = F_{б.рд}(T_i) + F_{кр}(T_i) - F_{б.рд}(T_i) \cdot F_{кр}(T_i), \quad (2)$$

где  $F_{б.рд}(T_i)$  и  $F_{кр}(T_i)$  – функции распределения межремонтного ресурса шнеков по отказам резцедержателей и узла крепления.

Принимая во внимание, что  $F_{б.рд}(T_i) = 1 - R_{б.рд}(T_i)$ , а  $F_{кр}(T_i) = 1 - R_{кр}(T_i)$ , получим

$$F_{и.о}(T_i) = 1 - R_{и.о}(T_i). \quad (3)$$

Для блока, состоящего из  $n$  резцедержателей ( $n_{рд}$ ), вероятность  $F_{и.о}(T_i) = 1 - R_{и.о}(T_i)$ , параллельно соединенных резцедержателей с постоянно нагруженным резервом равна

$$F_{б.рд}(T_i) = F_{1.рд}(T_i) \cdot F_{2.рд}(T_i) \cdot$$

$$F_{3.рд}(T_i) \dots F_{n.рд}(T_i) = \prod_{i=1}^{n_{рд}} F_{i.рд}(T_i).$$

Тогда надежность  $n_{рд}$  работающих параллельно резцедержателей выражается в виде

$$R_{б.рд}(T_i) = 1 - F_{б.рд}(T_i) = 1 - \prod_{i=1}^{n_{рд}} F_{i.рд}(T_i). \quad (5)$$

Учитывая, что параллельно работающие резцедержатели одинаковы, формулы (4) и (5) упрощаются

$$F_{б.рд}(T_i) = [F_{i.рд}(T_i)]^{n_{рд}}; \quad (6)$$

$$R_{б.рд}(T_i) = 1 - [F_{i.рд}(T_i)]^{n_{рд}}. \quad (7)$$

Опыт эксплуатации шнековых исполнительных органов показал [17], что отказы резцедержателей связаны с их поломками, износом гнезд и корпуса. Тогда имеем

$$F_{б.рд}(T_i) = [F(T_{и.и})d_{и.и} + F(T_{к.и})d_{к.и} + F(T_{п.и})d_{п.и}]^{n_{рд}}; \quad (8)$$

$$R_{б.рд}(T_i) = 1 - [F(T_{и.и})d_{и.и} + F(T_{к.и})d_{к.и} + F(T_{п.и})d_{п.и}]^{n_{рд}}, \quad (9)$$

где  $F(T_{и.и})$ ,  $F(T_{к.и})$ ,  $F(T_{п.и})$  – функции распределения наработок до отказа резцедержателей соответственно по износу гнезд, по износу корпуса и поломкам;  $d_{и.и}$ ,  $d_{к.и}$ ,  $d_{п.и}$  – доли отказав резцедержателей соответственно по износу гнезд, по износу корпуса и поломкам ( $d_{и.и} + d_{к.и} + d_{п.и} = 1$ ).

Подставляя последнее выражение в (1), имеем

$$R_{и.о}(T_i) = \{1 - [F(T_{и.и})d_{и.и} + F(T_{к.и})d_{к.и} + F(T_{п.и})d_{п.и}]^{n_{рд}}\} R_{кр}(T_i). \quad (10)$$

Задаваясь необходимым для нормальной работы комбайна уровнем наработки шнека  $T_i$ , по полученной формуле можно определить вероятность  $R_{и.о}(T_i)$ , с которой она будет обеспечиваться в конкретных условиях эксплуатации. Наоборот, задаваясь вероятностью (обычно  $R_{и.о}(T_i) = 0,8 \div 0,9$ ), можно определить наработки, на которые можно будет рассчитывать в этих условиях.

Аналогично для блока резцов  $R_{б.р}$  надежность равна

$$R_{б.р}(T_i) = 1 - [F(T_{р.и})]^{n_{р}}, \quad (11)$$

где  $F(T_{р.и})$  – функция распределения наработки до отказа резцов;  $n_{р}$  – предельно допустимое количество резцов в блоке.

Структура отказов резцов очистных комбайнов обычно характеризуется поломками и износом их армировки. Тогда

$$R_{б.р}(T_{р.и}) = 1 - [F(T_{п.р.и})d_{п.р.и} + F(T_{и.р.и})d_{и.р.и}]^{n_{р}}, \quad (12)$$

где  $F(T_{п.р.и})$ ,  $F(T_{и.р.и})$  – функции распределения наработки до отказа резцов соответственно по поломкам армировки и износу;  $d_{п.р.и}$ ,  $d_{и.р.и}$  – доли отказов резцов по поломкам и износу армировки.

Очистные комбайны работают по стохастически меняющимся во времени и в пространстве характеристикам разрушаемости угольных пластов, которые определяют уровень и динамику внешних воздействий, влияющих на показатели надежности исполнительных органов. С другой стороны, нагруженность, а следовательно, и надежность исполнительных органов зависит от их конструктивных особенностей и параметров режима работы комбайна, схемы расстановки инструмента. Поэтому задачи, связанные с расчетом надежности исполнительных органов при их проектировании и эксплуатации, по постановке являются оптимизационными, направленными на определение рациональных конструктивных параметров и оптимальных режимов работы комбайна. В качестве основы таких решений может быть использована принципиальная схема оптимальных решений, приведенная в [18]. Необходимые показатели надежности должны выступать в качестве одного из ограничений при выборе рациональных режимов работы действующих комбайнов или конструктивных параметров для проектируемых. Наоборот, при установлении уровня надежности в конкретных условиях конструктивные и режимные параметры комбайнов должны выступать в виде ограничений.

Таким образом, только на основе углубленного познания закономерностей изменения факторов, определяющих надежность и эффективность функционирования исполнительных органов, могут быть сформулированы научно обоснованные принципы их повышения, что, в свою очередь, приведет к повышению надежности и эффективности функционирования угледобывающих машин в целом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Позин Е. З., Меламед В. З., Тон В. В. Разрушение углей выемочными машинами. М. : Недра, 1984. 288 с.
2. Linnik Yu. N., Linnik V. Yu., Prokopenko S. A., Zich A. Formation mechanisms of maximal loads on cutters and cutting heads of coal mining machines // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2021. №5. Pp. 43–48.
3. Рубец Г. Т., Бобро Н. Т. Статистическая оценка неоднородности, изменчивости и разброса прочностных характеристик угля // *Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. Днепропетровск: ИГТМ НАН*. 2007. Вып. 73. С. 77–83.
4. Разрушение угольных пластов при добыче выемочными машинами : монография / Ю. Н. Линник, В. Ю. Линник. Москва : ИНФРА-М, 2022. 319 с. (Научная мысль)
5. Khoreshok A., Ananiev K., Ermakov A. [et al.] Determination of the rational number of cutters on the outer cutting drums of geokhod // *Acta Montanistica Slovaca*. 2020. Vol. 25. Iss. 1. P. 70–80. DOI: 10.46544/AMS.v25i1.7
6. Солод В. И., Зайков В. И., Первов К. М. Горные машины и автоматизированные комплексы. М. : Недра, 1974. 502 с.
7. Хорешок А. А., Цехин А. М., Борисов А. Ю. Влияние условий эксплуатации горных комбайнов

на конструкцию их исполнительных органов // Горное оборудование и электромеханика. 2012. № 6. С. 2–5.

8. Хорешок А. А., Маметьев Л. Е., Цехин А. М. [и др.] Производство и эксплуатация разрушающего инструмента горных машин: монография. Юргинский технологический институт. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 296 с.

9. Жабин А. Б., Поляков Ан. В., Поляков Ал. В., Мурашов В. В. Оптимизация расположения резцов на коронках исполнительных органов проходческих комбайнов // Горный журнал. 2016. № 12. С. 78–82.

10. Xueyi Li [et al.] Optimization design for roadheader cut-ting head by orthogonal experiment and finite ele-ment analysis // Tehnicki vjesnik. 2016. № 23. Рр. 707–714. DOI: 710.17559/TV-20140925151139.

11. Габов В. В., Нгуен В. С., Задков Д. А. Совершенствование схемы расстановки резцов на шнековом исполнительном органе очистного комбайна // Сборник: Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация: материалы международной научно-практической конференции Санкт-Петербург. 2021. С. 39–42.

12. Шабаев О. Е., Нечепав В. Г., Зинченко П. П. Методика выбора параметров очистных комбайнов со шнеками малых диаметров применительно к заданным горно-геологическим условиям // Транс-

портное, горное и строительное машиностроение 3(21)' Вестник донецкого национального технического университета. 2020. С. 43–50.

13. Jinxia L. [et al.] Discrete Element Simulation of Conical Pick's Coal Cutting Process under Different Cutting Parameters // Hindawi Shock and Vibration. 2018. P. 9. DOI: 10.1155/2018/7975141.

14. Xueyi Li. [et al.] Research on the Strength of Roadheader Conical Picks Based on Finite Element Analysis // The Open Mechanical Engineering Journal. 2015. №9. P. 521–526.

15. Jones H. G., Norgren S. M., Kritikos M., Mingard K. P., Gee M. G. Examination of wear damage to rock-mining hardmetal drill bits // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2017. Vol. 66. P. 1–10.

16. Базовский И. Надежность. Теория и практика. М. : Мир, 1965. 373 с.

17. Линник Ю. Н., Жабин А. Б., Линник В. Ю., Поляков А. В. Оценка влияния отказов резцов и резцедержателей на показатели эффективности работы угледобывающих комбайнов. // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2018. Вып. 2. С. 247–263.

18. Позин Е. З. Основы выбора и поддержания оптимальных режимов работы исполнительных органов угледобывающих комбайнов. Автореф. докт. дис. - М. : Ин-т горн. дела им. А. А. Скочинского, 1968.

© 2023 Автор. 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:

**Линник Юрий Николаевич**, доктор техн. наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет управления», (Российская Федерация г. Москва, Рязанский проспект, 99)

**Линник Владимир Юрьевич**, доктор экон. наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет управления», (Российская Федерация г. Москва, Рязанский проспект, 99), e-mail: vy\_linnik@guu.ru

Заявленный вклад авторов:

Линник Юрий Николаевич – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, написание текста.

Линник Владимир Юрьевич – сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, научный менеджмент, выводы.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-6-24-31

**Yuri N. Linnik, Vladimir Yu. Linnik \***

State University of Management

\*E-mail: vy\_linnik@guu.ru



# PECULIARITIES OF COAL SEAMS DESTRUCTION BY EXECUTIVE ORGANS OF MINING MACHINES



## Article info

Received:

12 October 2023

Accepted for publication:

30 November 2023

Accepted:

01 December 2023

Published:

21 December 2023

**Keywords:** excavation machine, executive body, coal seam, peculiarities of executive body operation, destructibility characteristics, parameters, tool arrangement scheme, operating time per failure, resource exhaustion, reliability.

## Abstract.

When excavating coal seams of complex structure containing strong rock layers and large solid inclusions, the peculiarities of functioning of executive bodies have a great influence on the productivity of mining machines and coal grade. Their design parameters depend on the characteristics of coal mass destructibility, which are random in nature, and on the parameters of cutting tool arrangement schemes, which change in the process of exhausting the resource of the actuator. In this connection the researches were carried out, the purpose of which was to reveal the main features of coal seams destruction by executive bodies of mining machines and how they influence the efficiency of mining machines functioning. It was shown that the task of selecting the parameters of actuators should be solved by achieving the optimum at various combinations of influencing factors, which predetermines the choice of a generalized optimization criterion (target function), allowing to choose the best design of the actuator during operation or to choose its optimal parameters during design. Considerable attention in the study is paid to predicting the reliability of the actuator in the process of exhausting its resource due to toolholder failures. In this connection influencing the process of coal destruction, is the change of parameters of schemes of arrangement of cutters in the process of exhausting the resource of the executive body.

**For citation:** Linnik Yu.N., Linnik V.Yu. Peculiarities of coal seams destruction by executive organs of mining machines. Mining Equipment and Electromechanics, 2023; 6(170):24-31 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2023-6-24-31, EDN: FOBWVF

## REFERENCES

1. Pozin E. Z., Melamed V. Z., Ton V. V. Razrushenie uglej vyemochnymi mashinami. M.: Nedra; 1984. 288 s.
2. Linnik Yu.N., Linnik V.Yu., Prokopenko S.A., Zich A. Formation mechanisms of maximal loads on cutters and cutting heads of coal mining machines. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2021; 5:43–48.
3. Rubec G.T., Bobro N.T. Statisticheskaya ocenka neodnorodno-sti, izmenchivosti i razbrosa prochnostnyh ha-rakteristik uglya. Geotekhnicheskaya mekhanika: Mezhd. sb. nauchn. tr. Dnepropetrovsk : IGTN NAN; 2007.
4. Linnik Yu.N., Linnik V.Yu. Razrushenie ugol'nyh plastov pri dobyche vyemochnymi mashinami: monografiya. Moskva: INFRA-M; 2022. 319 s.
5. Khoreshok A., Ananiev K., Ermakov A. [et al.] Determination of the rational number of cutters on the outer cutting drums of geokhod. Acta Montanistica Slovaca. 2020; 25(1):70–80. DOI: 10.46544/AMS.v25i1.7
6. Solod V.I., Zajkov V.I., Pervov K.M. Gornye mashiny i avtomatizirovannye komplekсы. M.: Nedra; 1974. 502 s.
7. Horeshok A.A., Cekhin A.M., Borisov A.Yu. Vliyanie usloviy ekspluatatsii gornyh kombajnov na konstrukciyu ih ispolnitel'nyh organov. Gornoe obo-rudovanie i elektromekhanika. 2012; 6:2–5.
8. Horeshok A.A., Mamet'ev L.E., Cekhin A.M. [et al.] Proizvodstvo i ekspluatatsiya razrushayushchego instrumenta gornyh mashin: monografiya. Yurginskij tekhnologicheskij institut. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta; 2013. 296 s.
9. Zhabin A.B., Polyakov An.V., Polyakov A.V., Murashov V.V. Optimizatsiya raspolozheniya rezcov na koronkah ispolnitel'nyh organov prohodcheskih kombajnov. Gornyj zhurnal. 2016; 12:78–82.
10. Xueyi Li. [et al.] Optimization design for road-header cutting head by orthogonal experiment and finite element analysis. Tehnicki vjesnik 2016. 2016; 23:707–714. DOI: 710.17559/TV-20140925151139.
11. Gabov V.V., Nguen V.S., Zadkov D.A. Sovershenstvovanie skhemy rasstanovki rezcov na shnekovom ispolnitel'nom organe ochistnogo kombajna. Sbornik: Mashiny, agregaty i processy Proektirovanie, sozdanie i modernizatsiya materialy mezhdu-narodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2021. S. 39–42.
12. Shabaev O.E., Nechepaev V.G., Zinchenko P.P. Metodika vybora parametrov ochistnyh kombajnov so shnekami malyh diametrov primenitel'no k zadannym gorno-geologicheskim usloviyam. Transportnoe, gornoe i stroitel'noe mashinostroenie 3(21)'. Vestnik

doneckogo nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta. 2020. S. 43–50.

13. Jinxia L. Discrete Element Simulation of Conical Pick's Coal Cutting Process under Different Cutting Parameters. *Hindawi Shock and Vibration*. 2018. P. 9. DOI: 10.1155/2018/7975141.

14. Xueyi Li. [et al.] Research on the Strength of Roadheader Conical Picks Based on Finite Element Analysis. *The Open Mechanical Engineering Journal*. 2015; 9:521–526.

15. Jones H.G., Norgren S.M., Kritikos M., Mingard K.P., Gee M.G. Examination of wear damage to rock-mining hardmetal drill bits. *International Jour-*

*nal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2017; 66:1–10.

16. Bazovskij I. Nadezhnost'. Teoriya i praktika. M.: Mir; 1965. 373 s.

17. Linnik Yu.N., Zhabin A.B., Linnik V.Yu., Polyakov A.V. Ocenka vliyaniya otkazov rezcov i rezcederzhatelej na pokazateli effektivnosti raboty ugledobyvayushchih kombajnov. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle*. 2018; 2:247–263.

18. Pozin E.Z. Osnovy vybora i podderzhaniya optimal'nyh rezhimov raboty ispolnitel'nyh organov ugledobyvayushchih kombajnov. Avtoref. dokt. dis. M.: Int gorn. dela im. A.A. Skochinskogo; 1968.

© 2023 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The author declares no conflict of interest.

About the author:

**Yuri N. Linnik**, Dr. Sc. in Engineering, Professor, Federal state educational institution of the higher-education «State University of Management», (Russian Federation, Moscow, Ryazansky pr, 99)

**Vladimir Yu. Linnik**, Dr. Sc. in Economy, Associate Professor, Federal state educational institution of the higher-education «State University of Management», (Russian Federation, Moscow, Ryazansky pr, 99), e-mail: [vy\\_linnik@guu.ru](mailto:vy_linnik@guu.ru)

Contribution of the authors:

Yuri N. Linnik – setting a research task, conceptualizing research, writing a text.

Vladimir Yu. Linnik – data collection and analysis, review of relevant literature, scientific analysis, conclusions.

Author have read and approved the final manuscript.

