

УДК 621.879.002.5.658.589

**А. П. Вержанский**, д.т.н., проф., **Я. М. Радкевич**, д.т.н., проф.,  
**А. Я. Савченко**, к.т.н., МГГУ

E-mail: [kaftmr@msmu.ru](mailto:kaftmr@msmu.ru)

## **Анализ ремонтпригодности экскаваторов при эксплуатации с использованием интегральных показателей**

*Проанализировано многообразие факторов, влияющих на реализации свойств ремонтпригодности при эксплуатации экскаваторов. Рассмотрено возможное множество показателей и обоснована необходимость использования для оценки и анализа реализаций ремонтпригодности экскаваторов при эксплуатации предложенных интегральных показателей, учитывающих взаимосвязанность интенсивностей нагружения в период производительной работы и восстановления технического состояния при проведении ТО и ремонтов. С использованием предложенных показателей проведен анализ тенденций изменения реализаций ремонтпригодности 5 базовых моделей экскаваторов за 6-летний период эксплуатации на угольных разрезах в основных угледобывающих регионах России. Внесены предложения по использованию результатов анализа и регулированию нормативного времени восстановления при проведении ТО и ремонтов в использованной системе ППР.*

**Ключевые слова:** экскаваторы, ремонтпригодность, интегральные показатели, качество.

**A. P. Verzhansky, Ya. M. Radkevich, A. Ya. Savchenko**

## **The Analysis of Maintainability of Dredges at Operation with Use Integrated Indicators**

*The variety of the factors influencing realisations of properties of maintainability at operation of dredges is presented. The possible set of indicators is considered and necessity is proved Uses for an estimation and the analysis of maintainability of dredges at operation of the offered integrated indicators considering coherence in productive work and restoration of a technical condition at carrying out THOSE and repairs. With use of the offered indicators the analysis of tendencies of change of realisations of maintainability 5 base models of dredges for 6 summer period of operation on coal cuts in the basic coal-mining regions of Russia is carried out. Offers on use of results of the analysis and regulation of a standard time of restoration at carrying out That and repairs in the used are made To system PPR.*

**Keywords:** dredges, maintainability, integrated indicators, quality of operation.

Одноковшовые экскаваторы являются основным и широко распространенным оборудованием на горнодобывающих предприятиях, отличающимся длительными сроками эксплуатации, относительно высокими затратами на поддержание и восстановление технического состояния при эксплуатации. При этом для сокращения затрат важнейшее значение имеет уровень реализации конструкторского потенциала

совокупности свойств ремонтпригодности, созданных заводами изготовителями.

### **Конструктивные особенности экскаваторов.**

1. Высокая производительность при использовании по назначению, определяющая уровень удельных эксплуатационных затрат и непроизводительные экономические потери при временных простоях в период проведения работ по устранению отказов, ТО и ремонтам.

2. Крупногабаритность, пространственное размещение, большая масса, высокая энергоемкость, существенно осложняющие технически и технологически проведение работ по ликвидации отказов, ТО и ремонтам.

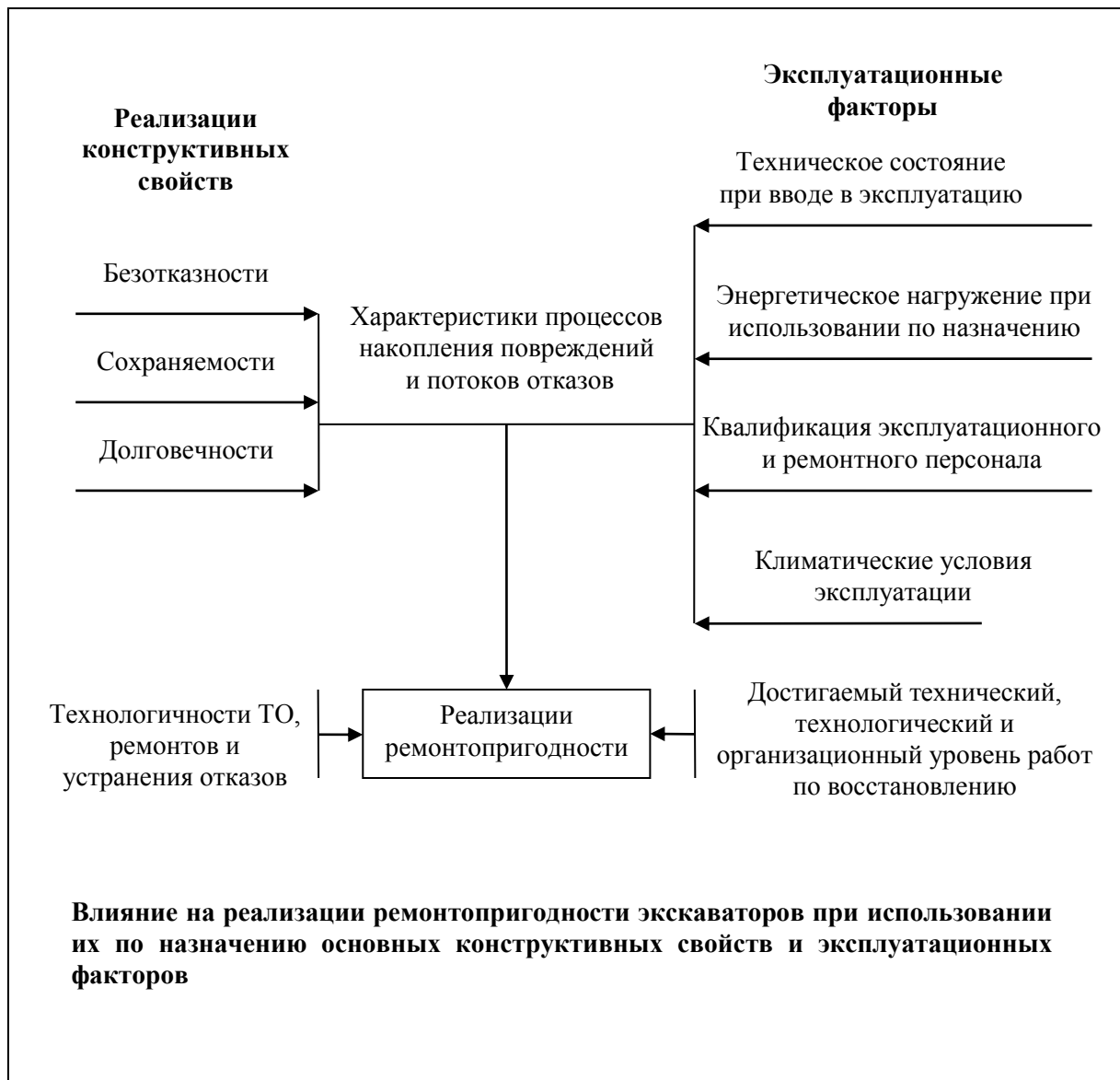
3. Конструктивная сложность составных механических, электрических, гидравлических и электронных устройств, кратно отличающихся по показателям безотказности, долговечности, сохраняемости, а также технологичностью и требованиями к квалификации персонала при проведении работ по устранению отказов, ТО и ремонтам.

4. Мелкосерийный, либо индивидуальный характер производства, разнообразие у потребителей условий транспортирования и хранения до монтажа составных механизмов и узлов, различие у потребителей возможностей достижения необходимого технического, технологического и организационного уровней проведения работ по монтажу, испытаниям после монтажа, вводу в эксплуатации, проведению работ по ТО и ремонтам, а также отличие режимов энергетического нагружения в период производительной работы формируют в определенной степени индивидуальные характеристики потоков отказов, интенсивности накопления повреждений, начального (при вводе в эксплуатацию) и последующих (после проведения работ по ТО и ремонтам) технических состояний.

5. Длительность использования по назначению (8...25 лет), когда по совокупности затраты на обеспечение производительной работы и ремонтов кратно (приблизительно в 10 и более раз превышают расходы по производству и монтажу машин, определяют особую актуальность формирования на стадии их создания и производства высоких значений показателей безотказности, долговечности, сохраняемости, ремонтпригодности, и последующего обеспечения максимально возможного уровня их реализации при эксплуатации.

При этом многофакторное влияние на реализации совокупности свойств ремонтпригодности экскаваторов при использовании по назначению от конструктивных свойств и эксплуатационных факторов (рис.1), а также отмеченная «индивидуальность» характеристик процессов накопления повреждений, потоков отказов в межремонтный период существенно усложняют решение задачи, когда применение только

известных общетехнических методов оценки ремонтпригодности оказывается недостаточным. Это обязывает к поиску направлений совершенствования методологии оценки и анализа реализаций ремонтпригодности экскаваторов при эксплуатации с учетом комплексного воздействия конструктивных свойств и повреждающих факторов, динамичности процессов накопления повреждений, взаимосвязанности реализаций свойств надежности.



### Методологии оценки ремонтпригодности

Эксплуатация экскаваторов представляет последовательность взаимосвязанных многократно повторяющихся процессов: производительной работы по назначению, восстановления расходуемого при этом технического ресурса, непроизводительных простоев по технологическим и организационным причинам. По физической сущности расходование и восстановление технического ресурса – это процессы

снижения заложенных при конструировании, изготовлении, и монтаже энергетических запасов прочности узлов и деталей экскаваторов, последующего их поддержания проведением технического обслуживания и восстановления проведением ремонтов (ТО и Р) [ 2 ].

При этом взаимосвязано и многократно периодически реализуются свойства надежности: безотказность, сохраняемость, долговечность (при силовом нагружении в периоды производительной работы Т и простоях) и ремонтпригодность (при восстановлении технического состояния при ТО и Р). Реализации обозначенных свойств в периоды производительной работы Т формируют объемы и составы работ по ТО и Р – Qв (Т). Ремонтпригодность же способствует своевременному и полному обнаружению накопленных повреждений и устранению их в конкретные сроки Тв, с определенной продолжительностью, трудоемкостью и материальными затратами.

ГОСТ 21626-76 «Показатели для оценки ремонтпригодности» и другие устанавливают показатели ремонтпригодности на основе затрат времени, труда и средств на ТО и Р объектов, которые обусловлены их конструкцией и техническим состоянием. В частности: оперативные, суммарные и средние суммарные продолжительности, трудоемкости и стоимости ТО и Р, а также дополнительно в качестве показателей для оценки приспособленности объектов к проведению ТО, текущих и капитальных ремонтов удельные суммарные оперативные их продолжительности, трудоемкости и стоимости, отнесенные к наработке.

При этом допускается применять отраслевые показатели для оценки ремонтпригодности объектов, характеризующие особенности ремонтпригодности изделий отрасли.

Взаимосвязанность (высокая корреляция) реализаций обозначенных на рис.1 единичных свойств надежности для технически сложных и многократно восстанавливаемых машин определяет необходимость при оценке ремонтпригодности совместного рассмотрения обозначенных свойств надежности. При этом целесообразно применение наряду с обозначенными выше единичными показателями комплексных показателей (коэффициентов готовности Кг и технического использования Кти), а также показателей, характеризующих интенсивность восстановления, рекомендуемых в работе [1].

В части последних, важно обратить внимание на разработки 80-х годов прошедшего столетия МГИ (профессоров Г.И. Солода, Я.М. Радкевича, В.И. Морозова) по методологии оценки качества эксплуатации и ремонта горного оборудования (в том числе экскаваторов), когда впервые применены показатели интенсивности восстановления, учитывающие энергетический характер накопления повреждений через соотношения:

продолжительность ремонта (ч)/полезная работа (млн МДж) и трудоемкость ремонта (чел.-ч)/полезная работа (млн МДж) [ 2 и 3 ].

Очевидно, что формально интенсивность восстановления можно оценить основным отношением  $Tв/Qв$ , характеризующим затраты времени на выполнение условного единичного объема работ по восстановлению. Условная величина  $Qв$ , реально характеризующая перечнем работ в дефектной ведомости, и в обобщенном виде количественно может быть оценена только косвенно - посредством измерения коррелированных с нею показателей, характеризующих продолжительность, объемы и интенсивность нагружения в период производительной работы, а также продолжительностью и трудоемкостью процессов восстановления. При этом прежде всего важно обратить внимание на ряд показателей, учитываемых при эксплуатации экскаваторов и на те, которые можно рассчитать по ее результатам:

**объемы нагружения** - продолжительность производительной работы  $T$  (ч), производительность (наработка) за период производительной работы  $Пт$  ( $м^3$ ), полезная работа за период производительной работы  $Апол$  (кВтч), полная работа за период производительной работы  $Ап$  (кВтч);

**интенсивность нагружения** - забойная (часовая производительность)  $Пз(т)$  ( $м^3 / ч$ ), удельные энергоемкости: забойная  $Эуд(з)$  (кВтч/ $м^3$ ) и усредненная за период производительной работы  $Эуд(т)$  (кВтч/ $м^3$ ), мощность, соответствующая забойной производительности  $N(з)=Пз(т) \times Эуд(з)$  (кВт).

С использованием обозначенных показателей, косвенно определяющих объемы работ по восстановлению  $Qв$  ( $T$ ), можно теоретически предложить множество единичных удельных показателей, характеризующих интенсивность восстановления  $Кив$  и в основе которых положено соотношение  $Tв/Qв$ :

$$Кив(T)=Tв/T \quad (1)$$

$$Кив(Пт)=Tв/Пт(ч/ $м^3$ ) \quad (2)$$

$$Кив(Апол(т))=Tв/Апол(т) (1/кВт) \quad (3)$$

$$Кив(Ап(т))=Tв/Ап(т)(1/кВт) \quad (4)$$

$$Кив(Пз(т))=Tв/Пз(т)(ч/ $м^3$ ) \quad (5)$$

$$Кив(Эуд(з))=Tв/Эуд(з)( $м^3$ /кВт) \quad (6)$$

$$Кив(Эуд(т))=Tв/Эуд(т)( $м^3$ /кВт) \quad (7)$$

$$Кив(N(з))=Tв/N(з)(ч/кВт) \quad (8)$$

Практическое использование большинства предложенных показателей интенсивности восстановления (в частности по формулам (2)...(8)) применительно к экскаваторам не осуществлялось, но имеет смысл, так как предоставляет возможности для многостороннего сравнительного анализа влияния реализаций ремонтпригодности на технико-экономические результаты эксплуатации машин (минимизации потерь времени производительной работы или производительности от простоев на

восстановление, энергоемкости экскаваторных работ и др.). Условием их применения является наличие необходимых данных в информации о результатах эксплуатации экскаваторов.

При оценки качества экскаваторов с учетом технико-экономических результатов их использования [4] ремонтпригодность можно рассматривать как единичное качественное свойство в множестве аналогичных других, влияющих на производительность и экономичность экскаваторных работ.

Рекомендуемый в работе [1] комплексный показатель оценки ремонтпригодности - коэффициент технического использования  $K_{ти}$  в традиционном выражении содержит составляющую, учитывающую временное измерение интенсивности восстановления  $K_{ти}=1/(1+T_{в}/T)$ . Но очевидно, что временное измерение продолжительности производительной работы  $T$  (ч) не позволяет с достаточной полнотой оценить влияние на объемы работ по восстановлению объемов и интенсивности энергетического нагружения. При одном и том же времени производительной работы но с разной интенсивностью нагружения объемы работ по восстановлению очевидно будут различными. Например, при определении  $T$  через отношение  $P_{т}/P_{з(т)}$  возможны совпадающие равенства:

$T(1)=T(2)=\dots=T(K)=P_{т(1)}/P_{з(т)(1)}=P_{т(2)}/P_{з(т)(2)}=\dots=P_{т(K)}/P_{з(т)(K)}$   
при равномерно уменьшающихся объемах и интенсивностей нагружения, когда

$$P_{т(1)}<P_{т(2)}<\dots<P_{т(K)} \text{ и } P_{з(т)(1)}<P_{з(т)(2)}<\dots<P_{з(т)(K)}.$$

Поэтому наряду с использованием традиционного выражения коэффициента технического использования  $K_{ти}$  правомерно предложить и другие интегральные показатели для комплексной оценки ремонтпригодности, учитывающие через предложенный показатель  $K_{ив}$  объемы и интенсивность энергетического нагружения и реализующих принципы технико-экономической оценки:

$$K_{рп}(P_{з(т)}, T_{в})=1/(1+T_{в}\times P_{з(т)}/P_{т})=1/(1+P_{з(т)}\times K_{ив}(P_{т})) \quad (9);$$

$$K_{рп}(N(з), T_{в})=1/(1+T_{в}\times N(з)/A_{п(т)})=1/(1+N(з)\times K_{ив}(A_{п(т)})) \quad (10).$$

В формулах произведения характеризуют:

$P_{з(т)}\times K_{ив}(P_{т})$ ,  $N(з)\times K_{ив}(A_{п(т)})$  – совокупное взаимосвязанное влияние интенсивностей нагружения и восстановления на оценки ремонтпригодности;

$T_{в}\times P_{з(т)}$  – потери производительности от простоя на период проведения работ по восстановлению технического состояния ( $м^3$ );

$T_{в}\times N(з)$  – экономию электроэнергии от прекращения производительной работы на период проведения работ по восстановлению технического состояния (кВтч).

При сравнительной оценке конкретных реализаций ремонтпригодности большие значения показателей Крп (Пз(т), Тв), Крп (N(т), Тв) соответствуют лучшим реализациям характеристик ремонтпригодности, ибо при этом имеют место лучшие значения показателей времени и интенсивности восстановления.

Необходимость и возможности использования предложенных показателей, также как и показателей Кив, определяется задачами сравнительного анализа и наличием данных в информации по технико – экономическим результатам эксплуатации экскаваторов.

При этом важно обратить внимание на то, что интегральный показатель интенсивности восстановления Кив может быть использован одновременно и в качестве обобщенного показателя оценки организационного и технического уровня проведения работ по ТО и Р экскаваторов в конкретных условиях эксплуатации.

### **Результаты анализа реализаций ремонтпригодности по данным эксплуатации экскаваторов с использованием интегральных показателей**

Принципиальные условия, которые учитывались при проведении анализа:

- С одной стороны, многообразие свойств и факторов, как было отмечено ранее, влияющих на реализации ремонтпригодности экскаваторов в конкретных условиях использования конкретного типоразмера экскаватора способствует « индивидуальности » их характеристик, и поэтому требует множественности возможных количественных оценок для полноты анализа и установления закономерностей изменения реализаций ремонтпригодности при эксплуатации. Это обязывает к использованию информации за возможно больший период эксплуатации базовых типоразмеров экскаваторов, охватывающей возможно большее разнообразие горнотехнических, технологических и организационных условий использования машин.

- С другой стороны, применение нормативного подхода при планировании времени проведения работ по ТО и Р в соответствии с единой утвержденной системой ППР, а также установление экономического стимулирования и ответственности за достижение планируемых показателей в определенной степени способствовали выравниванию времени восстановления Тв и временных комплексных показателей коэффициентов Кг и Кти, но оказать решающего влияния на реализации заложенных конструктивных особенностей механизмов и узлов экскаваторов естественно не могли.

Поэтому использование интегральных оценок, учитывающих реальные интенсивности нагружения и восстановления экскаваторов,

становится очевидно важным, ибо потенциально повышает полноту и достоверность оценок конкретных периодов восстановления, увеличивает возможности выявления основных тенденций изменения и стабилизации на уровне наилучших реализаций ремонтпригодности конкретных типоразмеров экскаваторов в конкретных условиях эксплуатации.

Среди имеющихся опубликованных источников о результатах эксплуатации и ремонта экскаваторов предпочтение авторами статьи отдано ранее выпускаемому служебному сборнику Производственно – технологического управления по открытому способу добычи Минуглепрома СССР и института ВНИИуголь «Краткий анализ деятельности разрезов » [5 ], который представляет необходимые возможности получения множества суммарных средних в годовом измерении (в дальнейшем усредненных) оценок интегральных показателей, учитывающий объемы Пг и интенсивность Пз(г) нагружения, время восстановления Тв(г).

При этом использовать также для анализа 6-летний непрерывный период эксплуатации 5-ти базовых моделей высокопроизводительных вскрышных экскаваторов ( ЭКГ-8 иЭКГ-8И; ЭКГ-12,5; ЭШ-10/60 и ЭШ-10/70; ЭШ-14/75 и ЭШ-15/90; ЭШ-40/85 ) в 6-ти угледобывающих регионах России (Вахрушевуголь, Востсибуголь, Дальвостуголь, Красноярскуголь, Кемеровоуголь, Приморскуголь).

Информация о количестве проанализированных экскаваторов на рассмотренных предприятиях представлена в табл.1.

Таблица 1

Предприятия	ЭКГ-8, ЭКГ-8И	ЭКГ-12,5	ЭШ-10/60, ЭШ-10/70	ЭШ-14/75, ЭШ-15/90	ЭШ-40/85
Вахрушевуголь	8	-	4	4	-
Востсибуголь	17	-	19	14	2
Дальвостуголь	4	-	24	22	-
Красноярскуголь	45	7	19	6	-
Кемеровоуголь	126	4	120	20	1
Приморскуголь	16	-	20	2	-
По совокупности предприятий	216	11	206	68	3

Выбранные типоразмеры экскаваторов и ныне используются на отдельных горнодобывающих предприятиях России, и являются базовыми для новых моделей экскаваторов ЭКГ-10, ЭКГ-15, ЭШ-11/70, ЭШ-20/90, ЭШ-40/85, поставляемых в настоящее время на горнодобывающие предприятия России. Результаты оценки усредненных значений выбранных показателей Тв(г), Пз(г), Крп( П(г), Тв(г) ), Кив( Пг) по конкретным типоразмерам экскаваторов на рассмотренных предприятиях за период эксплуатации 1980 – 1985 годы представлены в табл.2.



Важно обратить внимание на следующие принципиальные моменты.

На всех рассмотренных предприятиях по всем типоразмерам экскаваторов заметно колебание усредненных значений показателей, выбранных для оценки реализаций ремонтпригодности Пз(г), Тв(г), Крп(Пз(г), Тв(г)), Кив(Пг) в виде 2-х общих тенденций (см. табл.2): относительное нарастание до наибольших значений и последующее снижение, либо относительное снижение до наименьших значений с последующим нарастанием. При этом динамичность колебаний Кд (отношение наибольших значений к наименьшим) в большинстве случаев на предприятиях не совпадает (см. табл.3), подтверждая отмеченную ранее «индивидуальность» производственных процессов нагружения и восстановления технического состояния экскаваторов в конкретных условиях эксплуатации.

Таблица 2

Предприятия, Показатели	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1980 – 1985
<b>ЭКГ-8, ЭКГ-8И</b>							
<b>Вахрушевуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	329	354	363	354	336	315	342
Тв(г), ч	1660	1640	1530	1490	1490	1720	1588
Крп ( Пз(г), Тв(г) )	0,76	0,742	0,758	0,764	0,762	0,721	0,751
Кив( Пг )×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,96	0,98	0,88	0,87	0,92	1,22	0,97
<b>Востсибуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	292	283	323	287	293	267	291
Тв(г), ч	1450	1600	1690	1650	1570	1490	1575
Крп( Пз(г), Тв(г) )	0,787	0,757	0,739	0,757	0,749	0,768	0,759
Кив( Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,92	1,13	1,09	1,11	1,14	1,13	1,08
<b>Красноярскуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	339	363	360	372	343	340	353
Тв(г), ч	1280	1400	1500	1480	1390	1440	1415
Крп( Пз(г), Тв(г))	0,782	0,753	0,728	0,733	0,746	0,74	0,747
Кив( Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,82	0,9	1,03	0,97	0,99	1,03	0,95
<b>Кемеровоуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	271	268	296	294	291	286	284
Тв(г), ч	1410	1440	1490	1560	1470	1470	1473
Крп( Пз(г), Тв(г))	0,769	0,75	0,755	0,753	0,753	0,757	0,756
Кив( Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	1,11	1,11	1,1	1,11	1,12	1,12	1,11
<b>Приморскуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	273	230	296	212	203	210	237
Тв(г), ч	1240	1331	1200	1470	1550	1410	1367
Крп( Пз(г), Тв(г))	0,806	0,786	0,793	0,791	0,773	0,811	0,793
Кив( Пг ) x 10 <sup>3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,88	1,18	0,88	1,24	1,44	1,1	1,12

Предприятия, Показатели	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1980 – 1985
<b>ЭКГ-12,5</b>							
<b>Красноярскуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	513	677	533	542	424	459	524
Тв(г), ч	1416	1560	1720	1630	1530	1590	1572
Крп(Пз(г), Тв(г))	0,764	0,733	0,693	0,714	0,727	0,721	0,725
Кив(Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,6	0,53	0,8	0,74	0,88	0,84	0,73
<b>Кемеровоуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	301	406	344	316	246	257	311
Тв(г), ч	1560	1590	1650	1720	1620	1620	1626
Крп(Пз(г), Тв(г))	0,75	0,752	0,735	0,734	0,734	0,739	0,749
Кив(Пг) ×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	1,1	0,81	1,04	1,14	1,46	1,37	1,15
<b>Вахрушевуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	439	504	526	517	487	629	517
Тв(г), ч	1790	1760	1650	1600	1600	1805	1701
Крп (Пз(г), Тв(г))	0,745	0,729	0,744	0,75	0,749	0,711	0,738
Кив(Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,78	0,74	0,65	0,64	0,68	0,64	0,69
<b>Востсибуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	472	475	484	437	424	445	456
Тв(г), ч	1560	1720	1820	1780	1690	1610	1696
Крп(Пз(г), Тв(г))	0,77	0,743	0,724	0,743	0,749	0,754	0,747
Кив(Пг) ×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,63	0,72	0,78	0,79	0,79	0,73	0,74
<b>Дальвостуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	589	569	550	526	509	514	543
Тв(г), ч	1490	1480	1390	1560	1590	1530	1506
Крп(Пз(г), Тв(г))	0,758	0,764	0,781	0,767	0,757	0,756	0,764
Кив(Пг) × 10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,54	0,54	0,51	0,57	0,63	0,63	0,57
<b>Красноярскуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	373	411	361	395	422	388	391
Тв(г), ч	1380	1511	1680	1590	1490	1550	1533
Крп( Пз(г), Тв(г))	0,768	0,738	0,705	0,719	0,732	0,726	0,731
Кив(Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,81	0,86	1,15	0,99	0,86	0,97	0,94
<b>Кемеровоуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	404	407	417	409	416	404	409
Тв(г), ч	1520	1550	1610	1680	1580	1580	1586
Крп(Пз(г), Тв(г))	0,755	0,756	0,74	0,739	0,739	0,744	0,745
Кив(Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,8	0,79	0,84	0,86	0,84	0,85	0,83
<b>ЭШ-10/60, ЭШ-10/70</b>							
<b>Приморскуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	491	471	524	423	399	392	450
Тв(г), ч	1330	1410	1290	1580	1660	1520	1465
Крп( Пз(г), Тв(г))	0,79	0,777	0,78	0,77	0,76	0,8	0,782
Кив(Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,52	0,61	0,53	0,67	0,78	0,63	0,62

Окончание табл. 2

Предприятия, Показатели	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1980 – 1985
<b>ЭШ-14/75, ЭШ-15/90</b>							
<b>Вахрушевуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	392	435	447	418	426	403	420
Тв(г), ч	2270	2240	2090	2040	2040	2340	2170
Крп (Пз(г), Тв(г))	0,697	0,679	0,696	0,7	0,701	0,655	0,688
Кив(Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	1,1	1,08	0,97	1,01	1,0	1,3	1,07
<b>Востсибуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	560	650	613	613	589	649	612
Тв(г), ч	1980	2180	2310	2250	2140	2040	2150
Крп(Пз(г), Тв(г))	0,724	0,696	0,674	0,696	0,702	0,707	0,7
Кив (Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,68	0,67	0,79	0,71	0,72	0,63	0,7
<b>Дальвостуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	827	817	769	704	721	751	765
Тв(г), ч	1890	1870	1770	1980	2020	1950	1913
Крп( Пз(г), Тв(г))	0,711	0,719	0,737	0,721	0,71	0,708	0,717
Кив(Пг) ×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,49	0,47	0,46	0,55	0,56	0,54	0,51
<b>Красноярскуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	343	466	434	330	423	561	426
Тв(г), ч	1750	1910	1743	2040	1890	1960	1879
Крп(Пз(г), Тв(г))	0,723	0,691	0,653	0,668	0,683	0,678	0,682
Кив(Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	1,1	0,96	1,22	1,5	1,09	0,84	1,12
<b>Кемеровоуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	574	565	554	543	564	562	560
Тв(г), ч	1930	1960	2040	2130	2010	2000	2011
Крп(Пз(г), Тв(г))	0,708	0,711	0,692	0,691	0,69	0,697	0,698
Кив(Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,71	0,72	0,8	0,82	0,79	0,77	0,77
<b>Приморскуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	539	684	786	643	573	623	641
Тв(г), ч	1690	1790	1640	2000	2110	1930	1860
Крп(Пз(г), Тв(г))	0,753	0,732	0,737	0,735	0,715	0,759	0,738
Кив(Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,61	0,53	0,45	0,56	0,69	0,51	0,56
<b>ЭШ-40/85</b>							
<b>Востсибуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / ч	1094	1276	1349	1453	1278	1402	1308
Тв(г), ч	2250	2470	2610	2550	2430	2310	2066
Крп(Пз(г), Тв(г))	0,698	0,669	0,646	0,669	0,675	0,681	0,673
Кив(Пг)×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	0,39	0,38	0,4	0,34	0,37	0,33	0,37
<b>Кемеровоуголь</b>							
Пз(г), м <sup>3</sup> / м	-	904	851	853	1146	832	917
Тв(г), ч	-	2230	2310	2410	2270	2270	2298
Крп(Пз(г), Тв(г))	-	0,664	0,665	0,664	0,664	0,67	0,675
Кив(Пг) ×10 <sup>-3</sup> , ч / м <sup>3</sup>	-	0,51	0,59	0,59	0,44	0,59	0,54

## 1. По экскаваторам ЭКГ-8 и ЭКГ-8И; ЭКГ- 12,5; ЭШ-10/ 60 и ЭШ-10/70

На рассмотренных предприятиях (кроме Вахрушевуголь) с повышением (снижением) значений показателя интенсивности нагружения Пз(г) коррелированно с ним повышаются (снижаются) значения показателей времени восстановления Тв(г), интенсивности восстановления Кив ( Пг ), и с обратной тенденцией - снижаются (повышаются) значения показателей интегральной оценки ремонтпригодности Крп ( Пз(г), Тв(г) ). На предприятии Вахрушевуголь действовали обратные тенденции изменения значений показателей Тв(г) и Крп(Пз), Тв(г)).

## 2. По экскаваторам ЭШ-14/75, ЭШ-15/90, ЭШ-40/85.

С повышением ( снижением ) значений показателей интенсивности нагружения Пз(г) коррелированно с ним:

1.1. повышаются ( снижаются ) значения показателей времени восстановления Тв(г), интенсивности восстановления Кив (Пг), и с обратной тенденцией- снижаются ( повышаются ) значения интегральных показателей ремонтпригодности Крп(Пз(г), Тв(г)) на предприятиях Востсибуголь, Дальвостуголь,Красноярскуголь.

1.2. На других предприятиях: Вахрушевуголь, Кемеровоуголь, Приморскуголь имеют место обратные тенденции - снижаютс( повышаются ) значения показателей времени восстановления Тв(г), интенсивности восстановления Кив(Пг), и с совпадающей тенденцией изменения значений Пз(г) - повышаются (снижаются) значения интегральных показателей ремонтпригодности Крп(Пз(г), Тв(г)).

Таблица 3

Показатели динамичности усредненных значений Пз(г), Тв(г), Крп(Пз(г), Тв(г) ), Кив( Пг ) по типоразмерам экскаваторов на предприятиях

Предприятия, показатели	ЭКГ-8, ЭКГ-8И	ЭКГ-12,5	ЭШ-10/60, ЭШ-10/70	ЭШ-14/75, ЭШ-15/90	ЭШ-40/85
<b>Вахрушевуголь</b>					
Кд(Пз(г))	1,15	-	1,43	1,14	-
Кд(Тв(г))	1,15	-	1,12	1,14	-
Кд(Крп (Пз(г), Тв(г)))	1,06	-	1,05	1,07	-
Кд(Кив(Пг))	1,4	-	1,22	1,34	-
<b>Востсибуголь</b>					
Кд(Пз(г))	1,21	-	1,14	1,16	1,33
Кд(Тв(г))	1,16	-	1,16	1,16	1,66
Кд(Крп(Пз(г), Тв(г)))	1,06	-	1,06	1,07	1,08
Кд(Кив(Пг))	1,24	-	1,25	1,25	1,21

Предприятия, показатели	ЭКГ-8, ЭКГ-8И	ЭКГ-12,5	ЭШ-10/60, ЭШ-10/70	ЭШ-14/75, ЭШ-15/90	ЭШ-40/85
<b>Дальвостуголь</b>					
Кд(Пз(г))	-	-	1,16	1,17	-
Кд(Тв(г))	-	-	1,14	1,14	-
Кд(Крп(Пз(г), Тв(г)))	-	-	1,03	1,04	-
Кд(Кив(Пг))	-	-	1,23	1,21	-
<b>Красноярскуголь</b>					
Кд(Пз(г))	1,09	1,59	1,17	1,7	-
Кд(Тв(г))	1,17	1,21	1,22	1,15	-
Кд(Крп(Пз(г), Тв(г)))	1,07	1,1	1,09	1,1	-
Кд(Кив(Пг))	1,25	1,66	1,42	1,56	-
<b>Кемеровоуголь</b>					
Кд(Пз(г))	1,1	1,65	1,03	1,06	1,34
Кд(Тв(г))	1,1	1,1	1,1	1,1	1,08
Кд(Крп(Пз(г), Тв(г)))	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03
Кд(Кив(Пг))	1,01	1,8	1,08	1,15	1,34
<b>Приморскуголь</b>					
Кд(Пз(г))	1,46	-	1,31	1,46	-
Кд(Тв(г))	1,26	-	1,28	1,25	-
Кд(Крп(Пз(г), Тв(г)))	1,05	-	1,05	1,06	-
Кд(Кив(Пг))	1,63	-	1,5	1,53	-

### 3. По всем типоразмерам экскаваторов на предприятиях:

3.1. Тенденции изменения показателей времени восстановления Тв(г) и интенсивности восстановления Кив(Пг) в большинстве случаев совпадают, с интегральным показателем Крп(Пз(г), Тв(г)) противоположны.

3.2. При высокой динамичности изменения показателей интенсивности нагружения

Пз(г) (Кд = 1,09...1,7) и интенсивности восстановления Кив(Пг) (Кд = 1,01...1,8) значения показателей времени восстановления Тв(г) (Кд = 1,1...1,28) и интегральной оценки Крп(Пз(г), Тв(г)) (Кд = 1,02...1,1) мало динамичны, а также относительно стабильны на каждом конкретном предприятии по эксплуатируемым типоразмерам экскаваторов.

Анализ тенденций изменения реализаций ремонтпригодности при эксплуатации экскаваторов, оцененный с использованием показателей нагружения Пз(г), Пг и восстановления Тв(г), Крп(Пз(г), Тв(г)), Кив(Пг) подтверждает следующие принципиальные моменты:

1. Заложена коррелированность интегральных показателей ремонтпригодности Крп(Пз(г), Тв(г)), Кив(Пг) и показателей нагружения Пз(г), Пг с традиционным показателем оценки процессов восстановления Тв(г) в полной мере проявляется и устойчиво сохраняется, поэтому

использование предложенных показателей для оценки реализаций ремонтпригодности можно считать правомерным.

Вместе с тем ( см. последний столбец табл.2 ), имеют место случаи противоречивости в о оценках, когда на разных предприятиях по однотипоразмерным экскаваторам лучшим ( меньшим ) значениям Тв(г) соответствуют худшие (большие) значения Кив( Пг ), а также в обратном соотношении, то есть имеет место расхождение в оценках реализаций ремонтпригодности. Тем самым подтверждается предположение, что интегральный показатель Кив( Пг ) более достоверно, чем Тв(г), оценивает индивидуальный характер и конкретное содержание работ по восстановлению.

Кроме того использование предложенных показателей важно при сравнительной оценки реализаций ремонтпригодности разнотипоразмерных экскаваторов, когда время восстановления объективно (по причине конструктивных особенностей) существенно отличается.

2. Если использовать для оценки реализаций ремонтпригодности и качества эксплуатации экскаваторов совокупности усредненных значений показателей Пз(г), Тв(г), Крп( Пз(г), Тв(г) ), Кив( Пг), то рассмотренные предприятия по критерию полноты реализации конструктивных свойств ремонтпригодности можно проранжировать ( от лучшего к худшему ) в следующем порядке, отдавая предпочтение лучшим показателям интенсивности нагружения Пз(г) и интенсивности восстановления Кив( Пг ):

#### **По экскаваторам ЭКГ-8, ЭКГ-8И:**

Красноярскуголь (353 м<sup>3</sup> / ч; 1415 ч; 0,747;  $0,95 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup>).

Вахрушевуголь (342 м<sup>3</sup> / ч; 1588 ч; 0,751;  $0,97 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup> ).

Востсибуголь (291 м<sup>3</sup> / ч; 1575 ч; 0,759;  $1,08 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup>).

Кемеровоуголь (284 м<sup>3</sup> / ч; 1473 ч; 0,756;  $1,11 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup>).

Приморскуголь (237 м<sup>3</sup> / ч; 1367 ч; 0,793;  $1,12 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup>).

#### **По экскаваторам ЭКГ-12,5:**

Красноярскуголь (524 м<sup>3</sup> / ч; 1572 ч; 0,725;  $0,73 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup>).

Кемеровоуголь (311 м<sup>3</sup> / ч; 1626 ч; 0,749;  $1,15 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup>).

#### **По экскаваторам ЭШ-10/60, ЭШ-10/70:**

Дальвостуголь (543 м<sup>3</sup> / ч; 1506 ч; 0,764;  $0,57 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup>).

Приморскуголь (450 м<sup>3</sup> / ч; 1465 ч; 0,782;  $0,62 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup>).

Вахрушевуголь (517 м<sup>3</sup> / ч; 1701 ч; 0,738;  $0,69 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup>).

Востсибуголь (456 м<sup>3</sup> / ч; 1506 ч; 0,764;  $0,74 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup>).

Кемеровоуголь (409 м<sup>3</sup> / ч; 1586 ч; 0,745;  $0,83 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup>).

Красноярскуголь (391 м<sup>3</sup> / ч; 1533 ч; 0,731;  $0,94 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup>).

### **По экскаваторам ЭШ-14/75, ЭШ-15/90:**

Дальвостуголь (765 м<sup>3</sup> / ч; 1913 ч; 0,717;  $0,51 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup> ).  
Приморскуголь (641 м<sup>3</sup> / ч; 1860 ч; 0,738;  $0,56 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup> ).  
Востсибуголь (612 м<sup>3</sup> / ч; 2150 ч; 0,7;  $0,7 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup> ).  
Кемеровоуголь (560 м<sup>3</sup> / ч; 2011 ч; 0,698;  $0,77 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup> ).  
Вахрушевуголь (420 м<sup>3</sup> / ч; 2170 ч; 0,688;  $1,07 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup> ).  
Красноярскуголь (426 м<sup>3</sup> / ч; 1879 ч; 0,682;  $1,12 \times 10^{-3}$  ч / м<sup>3</sup> ).

### **По экскаваторам ЭШ-40/85:**

Востсибуголь (1308 м<sup>3</sup> /ч; 2066 ч; 0,673;  $0,37 \times 10^{-3}$  ч /м<sup>3</sup> ).  
Кемеровоуголь (917 м<sup>3</sup> / ч; 2298 ч; 0,675;  $0,54 \times 10^{-3}$  ч /м<sup>3</sup> ).

При этом лучшие показатели по используемым типоразмерам экскаваторов имело предприятие Дальвостуголь.

3. Заметно влияние на предприятиях отмеченной ранее организации управления использованием экскаваторов по времени и производительности, результатом которого является относительное выравнивание и высокая стабилизация на каждом отдельном предприятии значений показателей Кд(Тв(г)) и Кд(Крп(Пз(г), Тв(г))) по разнотипоразмерным экскаваторам (см. табл.3). При этом наилучшее положение было достигнуто в Кемеровоугле: Кд(Тв(г)) = 1,1Кд(Крп(Пз(г), Тв(г))) = 1,02 по совокупности экскаваторов ЭКГ-8 и ЭКГ-8И; ЭКГ-12,5; ЭШ-10/60 и ЭШ-10/70; ЭШ-15/90.

4. Устойчивые зависимости изменения показателей интенсивности нагружения и интенсивности восстановления с показателем Крп(Пз(г), Тв(г)) дают основание рассматривать его в качестве показателя, комплексно характеризующего результаты взаимодействия производственных процессов нагружения и восстановления экскаваторов.

Результаты анализа показывают, что при снижении значений показателя интенсивности нагружения Пз(г) (снижения нагрузки на экскаватор) и увеличении значений показателя интенсивности восстановления Кив(Пг) (ухудшении организации работ по восстановлению) экономические потери при эксплуатации возрастают. Поэтому для достижения полноты и достоверности оценки эффективности управления процессами нагружения и восстановления экскаваторов использование этих показателей необходимо.

### **Рекомендации**

Проведенный анализ реализаций ремонтпригодности экскаваторов с использованием предложенных показателей дает основание внести следующие предложения для повышения эффективности эксплуатации экскаваторов:

1. Использовать для оценки и анализа качества эксплуатации экскаваторов совокупность показателей Крп(Пз(т), Тв(т)), Кив (Пт) и

Кд(Крп), Кд(Кив), введя их в информационно – аналитические системы управления горным производством.

2. При этом воздействием на процессы интенсивности нагружения (достижения наилучших значений показателя  $P_3(t)$ ) и интенсивности восстановления (достижения наилучших значений показателя Кив( $P_t$ )) в конкретных условиях использования добиваться стабилизации наилучших значений этих показателей, в частности, посредством корректирования нормативного времени восстановления в действующей системе ППР для установления последующего времени восстановления ( $T+1$ ) по отношению:  $T_{в(t+1)} = T_{в(t)} \times P_3(t+1) / P_3(t)$ .

Использование предложений при эксплуатации для новых моделей экскаваторов, учитывая традиционную приемственность при создании машин, позволит улучшить технико-экономические результаты их использования.

### **Выводы**

1. Энергетическая сущность и взаимосвязанность процессов нагружения и восстановление технического состояния экскаваторов, а также повышение достоверности оценки и анализа реализаций ремонтпригодности обязывают к использованию наряду с традиционными общетехническими показателями (временем, трудоемкостью и затратами на восстановление) дополнительных интегральных показателей, отражающих взаимосвязанности реализаций их свойств надежности: безотказности, сохраняемости, долговечности и ремонтпригодности, а также динамичности процессов использования экскаваторов по назначению.

2. Многообразие факторов, определяющих уровень реализации конструктивных свойств ремонтпригодности экскаваторов при эксплуатации, формирует в значительной степени индивидуальный характер процессов накопления повреждений и восстановления технического состояния.

3. Рекомендуемые научно-технической литературой в качестве показателей комплексной оценки реализаций ремонтпригодности при эксплуатации коэффициенты готовности  $K_g$  и технического использования  $K_{ти}$  характеризуют только временное содержание процессов нагружения и восстановления экскаваторов, но не учитывают имеющих принципиальное значение интенсивностей этих процессов в периоды производительной работы и проведения ТО и ремонтов.

4. Предложенные формулы интегральных показателей для оценки реализаций ремонтпригодности при эксплуатации - коэффициентов ремонтпригодности и интенсивности восстановления, отражающих



взаимосвязанность процессов нагружения и восстановления, ориентируют на предпочтение показателей, характеризующих интенсивность этих процессов.

5. Проведенный на основе предложенных интегральных показателей сравнительный анализ реализаций ремонтпригодности 5-ти типоразмеров базовых моделей высокопроизводительных вскрышных экскаваторов за 6-ти летний период их эксплуатации на угольных разрезах России подтвердил правомерность и необходимость применения предложенных интегральных показателей. Одновременно позволил установить основные устойчивые тенденции и динамику изменения реализаций ремонтпригодности в условиях регулирования процессов восстановления на основе действующих нормативов системы ППР.

6. Внесены предложения по обеспечению стабилизации наилучших значений предложенных интегральных показателей на основе планирования последующего времени восстановления экскаваторов с учетом значений этих показателей предыдущего периода.

#### **Список литературы**

- 1. Аристов А.Н., Волков П.Н., Дубовицкий Л.Г.** Ремонтпригодность машин. М.: Машиностроение, 1975.
- 2. Солод Г.И., Морозов В.И.** Эксплуатация и ремонт горного оборудования. М.: ЦПНТГО, 1983.
- 3. Бубновский Б.И., Ефимов В.Н., Морозов В.И.** Ремонт шагающих экскаваторов. М.: Недра, 1991.
- 4. Савченко А.Я.** Использование системно-динамического метода для квалиметрической оценки реализуемого при эксплуатации качества экскавационного оборудования. Сб. научных трудов « Современные технологии в горном машиностроении ». М.: МГГУ, 2011.
- 5. Производственно-технологическое управление по открытому способу добычи угля Минуглепрома СССР и институт «ВНИИуголь».** Краткий анализ деятельности разрезов за 1985 год. М., 1986.