

УДК 622.273

**Н.С. Кошурников**

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ КОМБАЙНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАМЕРНОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ НА КАЛИЙНЫХ РУДНИКАХ**

*Выполнен анализ технологических показателей работы комбайновых комплексов на руднике СКРУ-1 «Сильвинит», определены зависимости между продолжительностью аварийных ремонтов горно-добычного оборудования и технологическими параметрами системы разработки.*

*Ключевые слова: рудник, месторождение, добыча, сильвинитовая руда, комбайновый комплекс.*

**Н**а калийных рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей применяется камерная система разработки. Отработка запасов промышленных пластов осуществляется комбайновыми комплексами с проходческо-очистными комбайнами типа Урал-20 (Урал-10, Урал-61) и самоходными вагонами типа 5ВС-15, ВС-30, и бункерами-перегрузателями БП-15, БПС-25.

Одним из главных направлений интенсификации горного производства и снижения затрат на добычу руды является повышение эффективности использования горно-добычного оборудования. Горно-геологические и горнотехнические условия отработки месторождения изменчивы и значительно влияют на технико-экономические показатели добычи и себестоимость сильвинитовой руды.

Основные технологические показатели эксплуатации комбайновых комплексов (производительность, простой комплекса) зависят от технологических параметров системы разработки – конструкции очистной камеры, степени использования сечения

исполнительного органа комбайна при проходке многоходовых очистных камер, длины камеры, длины транспортирования отбитой руды из забоя до участкового транспорта, устойчивости кровли (ложной кровли) очистных камер и подготовительных выработок.

В работе выполнен анализ технологических показателей работы комбайновых комплексов на руднике СКРУ-1 ОАО «Сильвинит» (г. Соликамск, Пермский край) за период 2003—2005 г.г., определены зависимости между продолжительностью аварийных ремонтов горно-добычного оборудования и технологическими параметрами системы разработки.

На калийных рудниках применяются различные конструкции очистных камер. Камеры проходятся одноходовые по ширине и высоте (одним ходом комбайна), многоходовые по высоте (несколько ходов комбайна с вертикальным наложением сечений), многоходовые по ширине (с горизонтальным наложением комбайновых ходов и с разделением камерных хо-

дов межходовыми целиками), многоходовые по ширине и высоте.

Исходя из производственного опыта все большее распространение находит конструкция очистных камер в несколько ходов комбайна по высоте и в один ход по ширине камеры, при этом достигаются максимальные показатели добычи и производительности. При проходке нижних ходов камер с высотой вынимаемого слоя менее 1-1,5 м возникают трудности в управлении комбайном при зарубках и при проходке камеры, частые поломки резцов и агрегатов комбайна.

В настоящее время на руднике СКРУ-1 отрабатываются два промышленных пласта АБ, Красный II силвинитового состава и пласт В, представленный карналлитовой породой и на отдельных участках шахтного поля силвинитовым составом. Мощности отрабатываемых пластов изменяются от 2,8 до 7 м.

Принципиальная схема подготовки шахтного поля СКРУ-1 панельная с разделением отрабатываемых участков на панели или блоки шириной 360-550 м, длиной 600-2500 м. Порядок отработки панелей применяется как прямой, так и обратный.

Ширина (4,3-14,6 м) и высота (2,6-7 м) очистных камер, ширина межходовых (1-2,5 м) и междукамерных (4,7-17 м) целиков изменяется в зависимости от применяемых комбайнов и геомеханических параметров системы разработки.

Отработка очистных камер осуществляется с выемочного штрека, который пройден по оси панели (блока) до панельного вентиляционного штрека. Выемочный штрек проходится шириной 8-10 м высотой до 4 м. Зарубка на каждый ход очистной камеры производится под прямым углом к выемочному штреку. Очистная камера отрабатывается последовательно в

один или несколько ходов. При проходке многоходовых камер глубина подрезки по ширине составляет от 1 до 3,6 м, по высоте камеры от 1 до 2,6 м.

Доставка отбитой руды из забоя осуществляется самоходным вагоном, который загружается через бункер-перегрузатель, установленный за комбайном. Самоходным вагоном руда транспортируется до выемочного штрека, где перегружается через рудодпускную скважину на заглубленный (полевой) панельный конвейерный штрек, пройденный по пустым породам.

При эксплуатации комбайновых комплексов проводятся планово-предупредительные ремонты, в соответствии с графиками технического обслуживания на данный тип оборудования. Несмотря на это, неизбежно возникают аварийные ремонты комбайнов, бункеров-перегрузателей и самоходных вагонов, количество и продолжительность которых зачастую превышает на порядок планово-предупредительные ремонты и техническое обслуживание.

В основном аварийные ситуации возникают в результате проходки очистных камер с расширением как по высоте, так и по ширине камеры с минимальной степенью использования сечения исполнительного органа (0,2-0,5), при большом количестве зарубок и перезарубок комбайна, и в меньшей степени из-за не соблюдения руководства по эксплуатации. При проходке нижних и боковых ходов многоходовых камер и частых зарубках возникают динамические нагрузки на резцы, детали агрегатов (шестерни и зубчатые передачи) и приводов комбайна. В результате этого происходит ускорение износа оборудования и последующая аварийная остановка.

Аварийные ремонты и внеплановые простои комбайновых комплексов в основном приурочены к участкам, где ведется добыча сильвинитовой руды. Это связано с тем, что по физико-механическим свойствам сильвинит гораздо крепче и плотнее, чем карналлитовая порода, и по данным предварительных исследований аварийные ремонты комбайновых комплексов на добыче карналлита случаются не так часто, как на сильвинитовом комплексе. Доля добычи за год карналлита составляет менее 10 % от общей добычи рудника по сильвинитовой и карналлитовой руде. Исходя из этого, в работе рассматриваются и анализируются показатели только сильвинитового комплекса рудника.

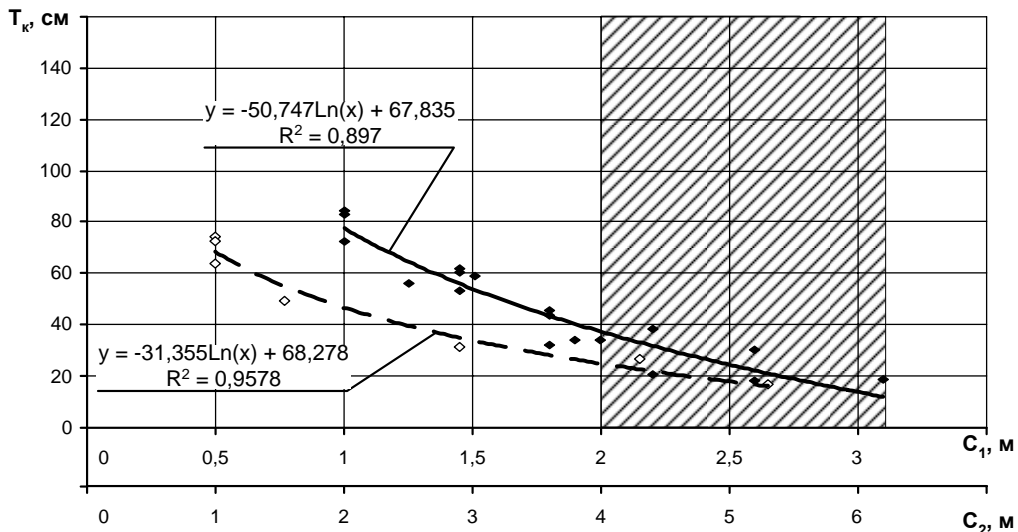
Уральским научно-исследовательским и проектным институтом галургии в 2005 году был проведен статистический анализ продолжительности простоев комбайновых комплексов период 2003-2005 гг. и предложены рекомендации по оптимизации условий и режимов эксплуатации комбайновых комплексов с целью повышения наработки на комбайновые комплексы. В соответствии с рекомендациями предлагаются в основном методы менеджмента: рациональная организация производства, развитие и замена основных средств (покупка новых добычных комбайнов).

Комбайновый парк рудника, насчитывающий за рассматриваемый период времени 10-15 комбайнов сильвинитового комплекса, на 39-44 % укомплектован отработавшими свой срок комбайнами. Это является одной из основных причин, приводящих к длительным их простоям. В свою очередь при эксплуатации более новых комбайнов продолжительности аварийных ремонтов, а соответствен-

но и их частота, такая же, а порой и выше. Исходя из этого, первым возникает вопрос о горнотехнических и технологических условиях эксплуатации комбайнов. Как известно, наиболее часто комбайны подвергаются внеплановым аварийным простоям при эксплуатации комбайнов на отработке многоходовых камер как с расширением по высоте, так и по ширине проходимой камеры.

Самоходные вагоны, применяемые на руднике, чаще подвергаются ремонтам при эксплуатации на более протяженных камерах длиной более 250 м, а техническая возможность вагонов составляет 200 м (длина питающего кабеля). При эксплуатации вагонов на отработке очистных камер длиной более 200 м возникают частые наезды и повышенные силовые нагрузки на питающий кабель, наблюдается падение напряжения на двигателях, возрастает нагрев питающего кабеля и двигателей, снижается производительность доставки.

При рассмотрении статистических данных о продолжительности простоев комбайновых комплексов по причине аварийного ремонта комбайна, самоходного вагона и его кабельного оборудования выполнена привязка к технологическим параметрам системы разработки (конструкция камеры, мощность и глубина расширения камеры, степень использования сечения исполнительного органа комбайна, количество зарубок, длина камеры). Определены по всем комбайнам рудника степени использования сечения исполнительного органа комбайна, глубины боковых расширений и мощности подрезки по высоте при проходке многоходовых камер, количество зарубок комбайна за период 2003-2005 гг.



$T_k$  - средняя продолжительность аварийных ремонтов комбайна за год, см  
 $C_1$  - мощность подрезки по почве выработки, м  
 $C_2$  - глубина подрезки по ширине выработки, м

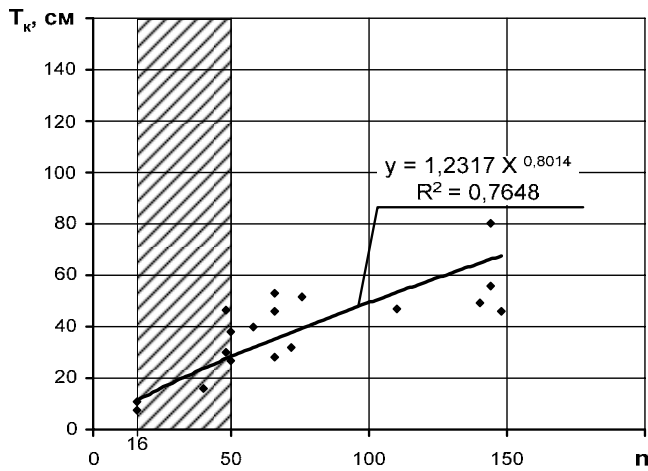
- ◆ точки зависимости продолжительности внеплановых аварийных ремонтов комбайна за год от мощности подрезки по высоте камеры
- ◇ точки зависимости продолжительности внеплановых аварийных ремонтов комбайна за год от мощности подрезки по ширине камеры
- зависимость продолжительности внеплановых аварийных ремонтов комбайна за год от мощности подрезки по высоте камеры
- - - зависимости продолжительности внеплановых аварийных ремонтов комбайна за год от мощности подрезки по ширине камеры
- ▨ область оптимального использования комбайна

**Рис. 1. Зависимость средней продолжительности внеплановых аварийных ремонтов комбайна за год от мощности подрезки по высоте и ширине камеры**

На основании статистических данных построены точечные графики зависимости: средней продолжительности внеплановых аварийных ремонтов комбайна за год от мощности подрезки по высоте камеры и от глубины подрезки по ширине камеры (см. рис. 1), от средней величины коэффициента использования сечения исполнительного органа комбайна (см. рис. 2), от количества зарубок комбайна на оси камерных ходов (см. рис. 3); средней продолжительности вне-

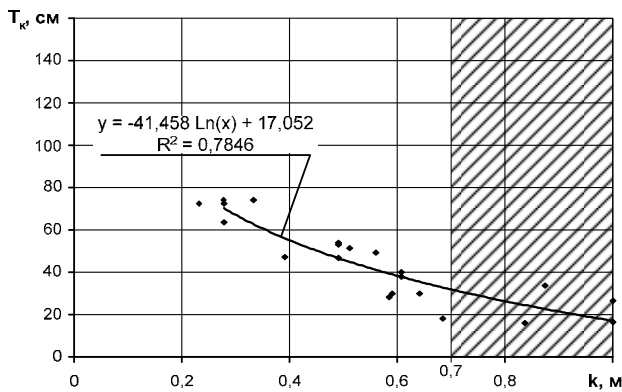
плановых аварийных ремонтов самоходного вагона и средней продолжительности внеплановых аварийных ремонтов кабеля самоходного вагона за год от длины камеры (см. рис. 4).

Исходя из анализа представленных графиков, подтверждается гипотеза о том, что наиболее часто комбайны простаивают на аварийных ремонтах при малом коэффициенте использования сечения исполнительного органа комбайна ( $k=0,2-0,6$ ) (см. рис. 1-2).



n - количество зарубок комбайна  
 $T_k$  - средняя продолжительность аварийных ремонтов комбайна за год, см  
 - область оптимального использования комбайна

**Рис. 3. Зависимость средней продолжительности внеплановых аварийных ремонтов комбайна за год от количества зарубок комбайна на оси камерных ходов**

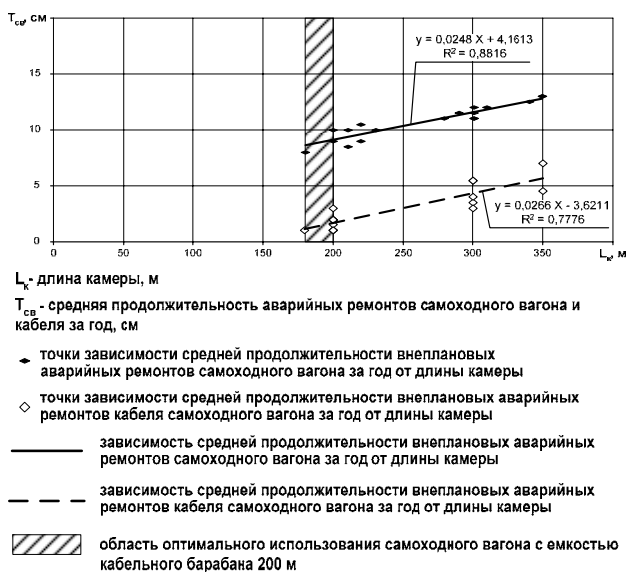


k - средний коэффициент использования сечения исполнительного органа комбайна  
 $T_k$  - средняя продолжительность аварийных ремонтов комбайна за год, см  
 - область оптимального использования комбайна

**Рис. 2. Зависимость средней продолжительности внеплановых аварийных ремонтов комбайна за год от средней величины коэффициента использования сечения исполнительного органа**

Наибольшая продолжительность аварийных ремонтов за год, а соответственно и частота аварийных случаев, отмечается при вертикальной подрезке с мощностью до 1,5 м, при боковом расширении до 1,6 м. При больших значениях мощности подрезки и глубины расширения камерных ходов продолжительность аварийных ремонтов уменьшается. Таким образом, на основании зависимости, приведенной на рис. 2, можно судить о том, что при степени использования сечения исполнительного органа комбайна в интервале 0,7-1,0 на отработке очистных камер частота аварийных простоев будет минимальная, производительность добычных работ будет увеличиваться, а, следовательно, при рациональной расстановке комбайновых комплексов и оптимизации параметров системы разработки для каждого комбайна и конкретных горно-геологических условий, возможно увеличить общую производительность рудника при имеющемся количестве комбайновых комплексов. Коэффициент использования сечения исполнительного органа комбайна в интервале 0,7-1,0 является наиболее оптимальным.

При рассмотрении и определении вариантов параметров системы раз-



**Рис. 4. Зависимость средней продолжительности внеплановых аварийных ремонтов самоходного вагона и кабеля самоходного вагона за год от длины камеры**

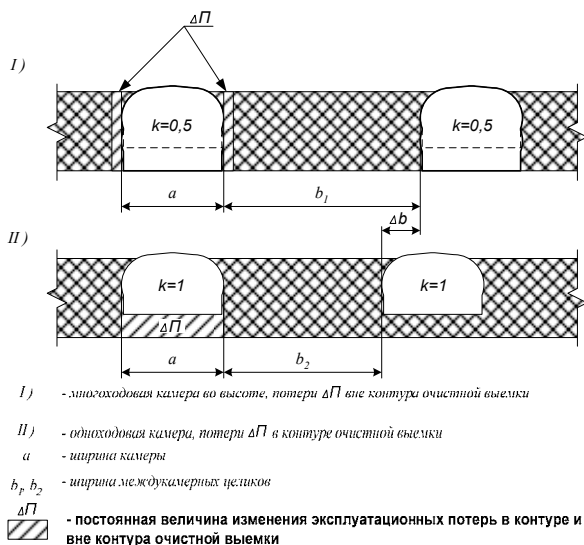
работки (ширины камер и междукамерных целиков) для обрабатываемых участков необходимо выполнять технико-экономическое обоснование параметров отработки с учетом степени использования комбайнов и вероятности их аварийных простоев. В свою очередь, добиться оптимального значения коэффициента использования сечения комбайна можно путем переклассификации потерь (оставлением в кровле или почве камер слоев промышленного пласта) или подрезкой пустой породы в почве промышленного пласта (т.е. разубоживанием руды) при соблюдении требований по качеству руды, поставляемой на обоганительную фабрику.

При оставлении слоев промышленного пласта в кровле или в почве камеры общая высота камеры уменьшается, а соответственно пропорционально уменьшается и ширина междукамерного целика (см. рис. 5). При

разной высоте камеры общие эксплуатационные потери по вариантам I и II (см. рис. 5) практически не отличаются, разница составит не более 5 %.

Разница заключается только в классификации эксплуатационных потерь. В варианте I ширина междукамерного целика будет больше, чем в варианте II, соответственно потери вне контура очистной выемки будут больше. В варианте II оставляется слой промышленного пласта в почве камеры, который списывается в потери в контуре очистной выемки. Потери вне контура очистной выемки по вариантам отличаются на постоянную величину  $\Delta П$ , которая является потерями в контуре выемки по варианту II.

При частых зарубках и перезарубках комбайна (см. рис. 3) среднегодовая продолжительность аварийных простоев увеличивается, соответственно при меньшем их количестве частота аварийных случаев при эксплуатации комбайна будет меньше. Количество зарубок комбайна можно уменьшить путем увеличения длины камеры до 300-400 м с использованием крупнотоннажного транспортного оборудования (ВС-30 и БПС-25), усилением маркшейдерского контроля при ведении горных работ, внедрением эффективных способов проветривания рабочих зон. Соответственно необходимо проведение более глубокого мониторинга геологической среды при подготовке выемочных блоков, что возможно при



**Рис. 5. Переклассификация эксплуатационных потерь при изменении конструкции очистной камеры**

обратном порядке отработки выемочных единиц.

Перевод забойного и транспортного оборудования на электроснабжение напряжением 1140 В также будет способствовать увеличению длины камеры. Кроме того, возможно внедрение систем непрерывной доставки руды из забоя до участка транспортного транспорта. В настоящее время системы непрерывного транспорта успешно применяются на калийных рудниках в США и Канаде.

При анализе зависимости изменения аварийных ремонтов самоходного вагона (см. рис. 4) от длины камеры следует вывод, что имеющееся оборудование нерационально используется на очистных работах. Имеющиеся самоходные вагоны на руднике типа 5BC-15M с емкостью кабельного барабана 200 м предназначены, пре-

жде всего, для транспортировки отбитой руды в камерах длиной до 200 м, при этом «якорь» кабеля должен находиться в выемочном штреке. При эксплуатации самоходных вагонов 5BC-15M в очистных камерах большей длины продолжительность и частота аварийных ремонтов увеличивается, о чем свидетельствуют графики на рис. 4.

При выборе варианта параметров системы разработки необходимо учитывать не только требования мер охраны рудников от затопления и обеспечивать полноту извлечения из недр. Необходимо в такой же степени учитывать возможность обеспечения оптимальных технологических показателей эксплуатации комбайновых комплексов на очистной выемке.

В заключение необходимо отметить, что при эксплуатации комбайновых комплексов с оптимальными технологическими параметрами системы разработки (конструкция очистной камеры, степень использования сечения исполнительного органа комбайна, длина камеры, длина доставки отбитой руды) возможно будет снизить себестоимость руды, увеличить производительность добычных работ, уменьшить частоту ремонтов комбайнов и самоходных вагонов, снизить износ комбайнов и самоходных вагонов, увеличить степень готовности к эксплуатации горно-добычного оборудования. **ГИАС**

### Коротко об авторе

Кошурников Н.С. — Уральский научно-исследовательский и проектный институт галургии, ОАО «Галургия», mail@gallurgy.ru