

О НЕОБХОДИМОСТИ БОЛЕЕ ПОЛНОГО УЧЕТА МАКСИМАЛЬНЫХ ПРИТОКОВ ВОДЫ В ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЯХ КОМПЛЕКСОВ ГЛАВНОГО ВОДООТЛИВА

(в порядке обсуждения)

Тимухин С. А., Иващенко Е. П., Марченко А. Ю., Марченко М. Ю.,
Салтанов С. Н., Баринов И. М., Викулов Е. А.

В статье рассмотрены вопросы более полного, чем в настоящее время, учета максимальных притоков воды в горные выработки в проектных решениях комплексов главного водоотлива обводненных глубоких горизонтов шахт и рудников. Приведены сведения по фактическим (нормальным и максимальным) притокам воды на глубоких горизонтах шахт ОАО «Севералюкситруда». Рассмотрены особенности принятия проектных решений, учитывающих максимальные притоки и повышающих, в конечном итоге, эффективность комплексов шахтного водоотлива.

Ключевые слова: главные водоотливные установки; максимальные притоки; более полный учет; внепиковое электропотребление; повышение эффективности.

В сложившейся практике проектирование комплексов главного шахтного водоотлива, согласно требованиям правил безопасности, ведется по нормальному притоку воды в горные выработки $Q_{\text{норм}}$. При этом величина максимального притока воды Q_{max} играет второстепенную роль: от её значения может зависеть, главным образом, только количество резервных насосов.

Между тем максимальный приток мо-

жет действовать не два месяца в году, как обычно принимается при проектировании, а три–пять и более месяцев и в разы превышать величину нормального притока. Особенно это касается глубоких горизонтов обводненных месторождений. В качестве примера приведем данные гидрогеологии глубоких горизонтов некоторых шахт ОАО «Севералюкситруда» по состоянию на 2014 г. (табл.).

Фактические притоки воды на шахтах ОАО «СУБР»

№ п/п	Горизонт, м	Нормальный приток, м ³ /ч	Максимальный приток, м ³ /ч	Превышение максимального притока над нормальным
Шахта № 14, «Восточная залежь»				
1	–140 м	567	1224	2,15
2	–500 м	557	1214	2,17
3	–740 м	197	421	2,13
4	–950 м	96	354	3,68
Шахта № 15, Участок «2-ой Северный»				
5	–140 м	664	1454	2,19
6	–455 м	659	1444	2,19
7	–860 м	249	603	2,42
Шахта № 16, «Южный участок»				
8	–155 м	1320	3500	2,65
9	–290 м	940	1600	1,70

Анализ таблицы показывает, что среднее значение превышения максимального прито-

ка над нормальным по рассматриваемым водоотливным горизонтам шахт ОАО «СУБР»

составляет 2,32 раза при значительном времени действия максимального притока. Очевидно, что без соответствующего учета максимальных притоков воды проектные решения по таким водоотливным установкам вряд ли будут достаточно обоснованы. Под обоснованным решением в нашем случае будем понимать полное обеспечение водоотливом своих функций при минимально возможных приведенных годовых затратах по всему комплексу водоотливной установки.

Анализ особенностей гидрогеологии обводненных месторождений показывает, что при характерных для них соотношениях максимальных и нормальных притоков проектирование основного насосного оборудования по нормальному притоку приводит к выбору большого количества небольших по подаче насосных агрегатов, включаемых на параллельную работу при откачке максимального притока. Это приводит, во-первых, к увеличению объемов насосных камер, количества нагнетательных и всасывающих трубопроводов с соответствующей арматурой, что связано с увеличением капитальных затрат; во-вторых, к увеличению расходов на текущее обслуживание и ремонты из-за большого количества насосных агрегатов и в-третьих, к заниженным объемам водосборников, исключающим реализацию внепикового электропотребления на шахтном водоотливе, особенно в период действия максимальных притоков. Однако проектирование комплексов водоотлива по максимальным притокам неприемлемо, поскольку неизбежно приведет к необоснованному увеличению гидравлических мощностей оборудования и объемов водосборных ёмкостей. Следовательно, принятие оптимизационных решений (критерий оптимальности – приведенные годовые расходы) при проектировании комплексов шахтного водоотлива должно базироваться на новых подходах, альтернативных существующим.

Одним из таких альтернативных подходов может быть проектирование комплексов по устойчивому максимуму притоков воды в горные выработки $Q_{\text{умп}}$ (притоки, превышающие $Q_{\text{норм}}$, но меньше $Q_{\text{мах}}$, т. е. $Q_{\text{норм}} < Q_{\text{умп}} <$

$Q_{\text{мах}}$). Определение $Q_{\text{умп}}$ может осуществляться на основе статических данных по притокам за предшествующий, достаточно длительный период. Такое определение $Q_{\text{умп}}$ указано, например, в [1]. Поскольку $Q_{\text{умп}}$ всегда больше значений нормального притока, подобный подход не противоречит требованиям правил безопасности. Вместе с тем для условий глубоких горизонтов обводненных месторождений он может обеспечить принятие эффективных обоснованных решений по всему комплексу водоотлива, включая в том числе и реализацию внепикового электропотребления, необходимость которого становится всё более актуальной в связи с постоянным удорожанием энергоносителей.

В этом случае необходимый объем рабочей (регулирующей) емкости водосборника

$$V_{\text{раб}} = Q_{\text{умп}} t_{\text{мн}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{мн}}$ – время действия максимума нагрузки в электроэнергосистеме (ЭЭС).

Зависимость изменения уровня воды в водосборнике $H_{(t)}$ при его заполнении может быть выражена следующим уравнением

$$H(t) = C_0 + C_1 Q_{\text{умп}} t + C_2 (Q_{\text{умп}} t)^2, \quad (2)$$

где C_0, C_1, C_2 – величины постоянные для конкретного воздухоотборника; t – текущее время.

Аналогичная зависимость при откачке воды из водосборника

$$H_{(t)} = C'_0 + C'_1 [(Q_{\text{н}} - Q_{\text{умп}})] t - C'_2 [(Q_{\text{н}} - Q_{\text{умп}}) t]^2, \quad (3)$$

где C'_0, C'_1, C'_2 – постоянные для конкретного водосборника величины; $Q_{\text{н}}$ – подача насосных агрегатов (одного или нескольких, включенных на параллельную работу).

В сложившейся практике создания и эксплуатации систем автоматического управления (САУ) шахтными водоотливными установками основой является непрерывно контролируемый уровень воды в водосборнике, от величины которого осуществляется включение и отключение насосных агрегатов

(НА). Независимо от электрической части САУ для этих целей обычно используются электродные датчики уровня: нижнего H_n , верхнего H_b и аварийного H_a .

Многолетняя практика создания и эксплуатации таких систем (от релейно-контактных в прошлом до современных бесконтактных) показала их высокую надежность и простоту реализации, поэтому реализация внепикового электропотребления водоотлива также должна осуществляться на этой основе при использовании для этой цели уравнений (2) и (3). Так при включении насосного агрегата (одного или нескольких) в работу в начальный момент времени ($t = 0$) значение постоянной C'_0 должно быть равно H_b , т. е. $H_{(t=0)} = H_b$ (должно соответствовать уровню верхнего датчика). А в начальный момент заполнения водосборника значение C_0 должно быть равным H_n , т. е. должно соответствовать уровню нижнего датчика и т. д.

При построении САУ насосными агрегатами значения $C_0, C_1, C_2, C'_0, C'_1, C'_2$ определяются тарифовочным путем на основе фиксированных значений $H_r, H_n, H_b, H, Q_{умп}, t$ и др. и вводятся в блок задания системы для реализации в ней управления насосными агрегатами, реализующего внепиковое электропотребление.

Графическая интерпретация такого управления представлена на рисунке: (уравнение (2) – (б-в); (г-д); (е-ж); (з-и) и уравнение (3) – (а-б); (в-г); (д-е); (ж-з); (и-а), на котором представлена также графическая иллюстрация процесса суточного внепикового электропотребления на шахтном водоотливе в функции уровня воды в водосборнике при двух максимумах нагрузки в энергосистеме – $T_{мн(1)}$ и $T_{мн(2)}$. Как следует из этого, САУ шахтными водоотливными установками должна обеспечивать реализацию внепикового электропотребления на основе соответствующего изменения уровня воды в водосборнике (линия а-б-в-г-д-е-ж-з-и-а) в течение суток при условии $Q_{умп} = \text{const}$ и полного освобождения рабочей емкости водосборника от воды к началу максимума нагрузки в электроэнергосистеме.

Главным при этом является установление момента включения насосных агрегатов (одного или нескольких, в зависимости от потребности) в предпиковый период электроэнергосистемы.

Основой для этого является уравнение (3) и постоянно контролируемый уровень воды $H_{(t)}$, введенные в программу САУ. На рисунке $H_{(t)}$ при работающих НА представлена линиями в'-в-г и ж'-ж-з.

Если совместить концы этих линий с началом периода максимума ЭЭС (точки 2 и 3), то при любом текущем значении $H_{(t)}$ решение уравнения (3) позволит определить необходимый момент включения НА в работу (на рисунке это моменты $t_{вк(1)}$ и $t_{вк(2)}$). Необходимое время работы НА определится как разность начального времени пика в ЭЭС и времени включения агрегатов, т. е. $t_{раб} = T_{мн} - t_{вк}$. При этом время цикла водоотлива в предпиковый период составит $T_{ц} = T_3 + t_{раб}$ ($T_{ц}'' = T_3'' + t_{раб}''$).

Объем удаленной за время $t_{раб}$ воды из водосборника

$$V_{уд} = Q_n (T_{мн} - t_{вк}) = \int_{t_{вк}}^{T_{мн}} Q_{умп} dt + V_{вк} - V_{доп}, \quad (4)$$

где $V_{вк}$ – объем воды в рабочей емкости водосборника, соответствующий моменту включения НА; $V_{доп}$ – минимально допустимый объем воды в водосборнике в начале периода максимума нагрузки в ЭЭС.

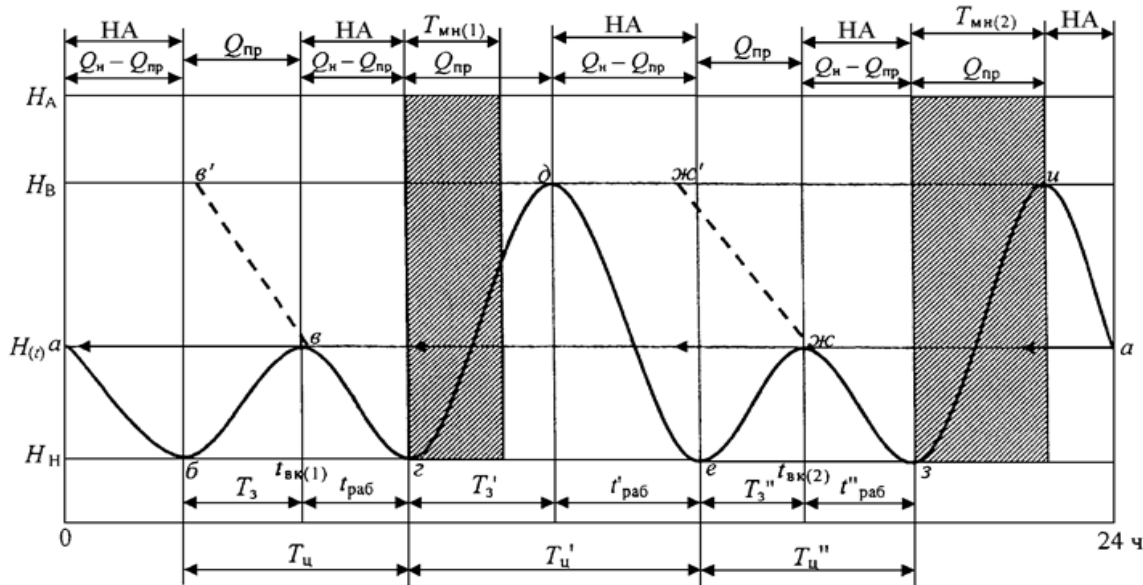
Приведенные соображения справедливы для условия постоянства величины внутри принятого цикла работы водоотлива (суточного, недельного, месячного и др.). При переменном притоке в систему автоматического управления должны вноситься соответствующие коррективы. Для этого может быть использован коэффициент K , численно равный отношению времени рабочего цикла $T_{ц}$ к времени заполнения рабочей емкости водосборника T_3 , т. е.

$$K = T_{ц}/T_3 = \frac{V_{раб}/Q_{умп} + V_{раб}/(Q_n - Q_{умп})}{V_{раб}/Q_{умп}}. \quad (5)$$

Очевидно, что с изменением величины $Q_{умп}$ будет изменяться и величина K и соот-

что и должно входить в задачу отслеживания САУ. Поэтому при переменном притоке на водоотливе перед каждым периодом максимума нагрузок в ЭЭС в САУ должна поступать информация о средней величине $Q_{\text{умп}}$ для расчета коэффициента K .

Таким образом, уравнения (1–5) могут быть положены в основу построения САУ насосными агрегатами шахтного водоотлива в функции уровня воды в водосборнике, что создаст условия для наиболее простой и эффективной реализации внепикового электро-



Изменение уровня воды в водосборнике в течение суток при реализации внепикового электропотребления

потребления. Как показывает практика, для достижения этого результата (при проектировании комплексов по нормальному притоку) необходимо еще наличие избыточных гидравлических мощностей, в том числе и насосного оборудования (т. е. установка завышенного числа насосных агрегатов или увеличение их единичной мощности по сравнению с требованиями правил безопасности).

Однако во многих случаях сам подход к проектированию комплексов водоотлива по величине устойчивого максимума притоков может обеспечить в достаточно полном объеме реализацию внепикового электропотребления и, следовательно, минимизацию затрат на электрическую энергию, что особенно важно для глубокозалегающих обводненных месторождений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимухин С. А., Угольников А. В., Долганов А. В. Проблемы проектирования и эксплуатации комплексов шахтного водоотлива // Изв. УГГУ. № 3(35). 2014. С. 68–72.

Тимухин Сергей Андреевич – доктор технических наук, профессор кафедры горной механики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Иващенко Евгений Петрович – главный инженер, эксперт. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка». E-mail: diagnos.cmn@gmail.com, diagnos@mail.ur.ru

Марченко Андрей Юрьевич – начальник лаборатории неразрушающего контроля, эксперт. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка».

Марченко Михаил Юрьевич – ведущий инженер, эксперт. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка».

Салтанов Семен Николаевич – ведущий инженер, эксперт. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка».

Баринов Игорь Михайлович – ведущий инженер, эксперт. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка».

Викулов Евгений Александрович – инженер, эксперт. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка».