

9. The Republic of Tuva in numbers 2021. Stat. Collection. Krasnoyarsk, 2022, 173 p. (In Russ.).
10. On the state and protection of the environment of the Republic of Tuva in 2019. State report. Kyzyl, Ministry of Natural resources of the Republic of Tuva. Publ., 2020, 105 p. (In Russ.).
11. Statistical Yearbook of the Republic of Tuva 2018. Krasnoyarsk, 2018, 447 p. (In Russ.).
12. Statistical Yearbook of the Republic of Tuva 2020. Krasnoyarsk, 2021, 443 p. (In Russ.).

Acknowledgements

This article was prepared under the R&D plan of Tuva Institute of Integrated Development of Natural Resources of SB RAS, Project title: 'Assessment of

territorial organization and development risks of the border region based on geoinformation and mathematical modeling of dangerous natural processes, extreme phenomena and social and economic changes' No. 121031300230-2.

For citation

Mongush A.D. & Soyana Sh.Ch. Environmental impact of the coal industry on the air basin of the Republic of Tuva. *Ugol*; 2023, (10), pp. 79-82. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-10-79-82.

Paper info

Received April 3, 2023

Reviewed September 14, 2023

Accepted September 26, 2023

Оригинальная статья

УДК 504.4.054 © С.Г. Пачкин, П.П. Иванов, Л.А. Иванова, Е.С. Михайлова, А.Г. Семенов, 2023

Разработка распределенной диспетчерской системы управления процессом доочистки карьерных сточных вод*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-82-88>

ПАЧКИН С.Г.

Канд. техн. наук, доцент кафедры мехатроники и автоматизации технологических систем ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000 г. Кемерово, Россия, e-mail: sergon777@inbox.ru

ИВАНОВ П.П.

Канд. техн. наук, доцент кафедры мехатроники и автоматизации технологических систем ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000 г. Кемерово, Россия, e-mail: ipr7@yandex.ru

ИВАНОВА Л.А.

Канд. техн. наук, доцент кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000 г. Кемерово, Россия, e-mail: lyuda_ivan@mail.ru

Предприятия открытой угледобычи характеризуются большой территориальной рассредоточенностью и, как следствие, запаздыванием получения актуальной информации об изменении внешних и внутренних факторов, влияющих на качество очистки сточных вод от загрязнителей органической и неорганической природы. Поэтому при разработке системы комплексной автоматизации процесса доочистки карьерных сточных вод за основу был взят подход «сверху – вниз» и проанализированы все задачи, которые должны решаться автоматическими системами. На основе этого сформулированы принципы построения создаваемой системы автоматизации на примере процесса доочистки карьерных сточных вод сложной реагентной обработкой с фильтрованием на зернистой и сорбционной загрузке и дальнейшей обработки промывной воды. Весь технологический процесс с учетом территориального расположения был разделен на девять локальных подсистем автоматизации, связь между которыми и с верхним уровнем АСУ ТП организуется по двум независимым каналам передачи информации.

* Работа выполнена в рамках КНТП полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в области разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», распоряжение правительства от 11.05.2022, № 1144-р, № соглашения 075-15-2022-1201 от 30.09.2022 г.

Ключевые слова: сточные воды, предприятия открытой угледобычи, экологические проблемы, автоматизация, структура АСУ ТП, распределенные системы автоматизации.

Для цитирования: Разработка распределенной диспетчерской системы управления процессом доочистки карьерных сточных вод / С.Г. Пачкин, П.П. Иванов, Л.А. Иванова и др. // Уголь. 2023. № 10. С. 82-88. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-10-82-88.

ВВЕДЕНИЕ

Карьерные сточные воды, образующиеся в результате открытой разработки месторождений полезных ископаемых, прежде чем сбрасываться в открытые водоемы должны проходить несколько этапов очистки, так как содержат загрязнители неорганической и органической природы. При этом допустимая остаточная концентрация этих веществ оговаривается действующими санитарными нормами, и превышение этих показателей в сточных водах грозит формированием и развитием экологического кризиса территории и значительными штрафными санкциями к горнодобывающим предприятиям. Поэтому очистка и доочистка карьерных сточных вод производится на всех горнодобывающих предприятиях, но множество постоянно меняющихся факторов регулярно приводят к нарушению заранее рассчитанных режимов работы очистных сооружений [1]. Это в свою очередь ведет к непредвиденным превышениям допустимых концентраций загрязнителей сточных вод. Здесь следует отметить, что даже кратковременное нарушение нормативных показателей может привести к необратимым экологическим проблемам территории [2].

Из анализа работы существующих систем доочистки карьерных сточных вод следует, что в настоящее время широко используются локальные системы автоматизации отдельных агрегатов, составляющих общий цикл работы системы [3]. Эффективность работы этих систем была доказана различными исследованиями, но при этом регулярно наблюдаются превышения нормативных показателей в сточных водах. Предположительно, это происходит вследствие нарушения согласованности работы различных подсистем управления технологическими процессами и несвоевременного обнаружения факторов, оказывающих дестабилизирующее влияние.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ

Горнодобывающие предприятия характеризуются большой территориальной рассредоточенностью, что затрудняет сбор оперативной информации о локальных системах. Поэтому часто при внедрении современных и хорошо проработанных локальных систем автоматизации задача сбора и централизованного анализа такой информации или плохо прорабатывается, или не ставится вообще. Но современные технические средства связи позволяют подойти к решению задачи сбора информации по-новому, обеспечивая надежные и недорогие решения [4].

На объектах такого типа имеет место и другая особенность разработки АСУ ТП, связанная с развитием систем автоматизации в предыдущих периодах. При развитии технических средств автоматизации нижнего уровня информация от разработанных ранее систем просто накапливалась в различных базах данных, а уже потом ставились задачи обработки этой информации. В этот период активно развивались и внедрялись информационные системы в различных подразделениях, которые решали частные задачи. Например, активно внедрялись САД-системы для проектирования, САЕ-системы для инженерного анализа, MES- и MRP-системы для управления производственным циклом. В АСУ ТП начали применяться безщитовые технологии, заменяющие вторичные приборы, и происходило формирование удобного человеко-машинного интерфейса, обеспечивающего связь оператора с технологической средой.

Первоначальная эффективность применения таких систем хорошо зарекомендовала себя при решении локальных задач управления, но часто не справлялась при решении задач, требующих анализа информации одновременно с

МИХАЙЛОВА Е.С.

Канд. хим. наук,
начальник управления
по реализации КНТП
ФГБОУ ВО «Кемеровский
государственный университет»,
650000 г. Кемерово, Россия,
e-mail: e_s_mihaylova@mail.ru

СЕМЕНОВ А.Г.

Доктор техн. наук,
профессор кафедры теории
и методики преподавания
естественнонаучных
и математических дисциплин
ФГБОУ ВО «Кемеровский
государственный университет»,
650000 г. Кемерово, Россия,
e-mail: agsem55@yandex.ru



нескольких таких систем, а также при получении информации с разных уровней АСУ ТП. До недавнего времени анализ таких данных считался неактуальным, а отсутствие хорошо проработанной технической и программной базы не позволяло понять и четко увидеть реальную пользу такого анализа. Решения были только частичные и не давали возможности увидеть общую картину, а ведь именно для этой цели они и создавались.

Такой подход, когда первоначально решались задачи нижнего уровня, и разрабатывались локальные системы автоматизации, а только потом как надстройка к ним добавлялись информационные задачи анализа, назывался «снизу – вверх» и являлся основным на этом этапе развития систем управления. Он применялся для уже существующих технически проработанных систем.

В век информационных технологий получил развитие другой подход – «сверху – вниз». При этом первоначально анализируются общая задача управления и цель разрабатываемой технической системы, ставятся задачи и критерии, а после их решения определяется, какую информацию требуется получить с нижнего уровня и какие частные задачи нужно решать в подсистемах. Только после этого начинается проработка технической и программной базы локальных систем автоматизации непосредственно для технологического оборудования, датчиков и исполнительных систем.

Одна из первичных задач, решаемых при подходе «сверху – вниз», – это формулировка критериев эффективного управления и выявление факторов, приводящих к нарушению основных режимов работы систем. В нашем случае только начинается проработка технических вопросов доочистки сточных вод, поэтому было решено первоначально провести комплексный анализ задач, а потом переходить к техническим решениям.

Шахтные и карьерные сточные воды по своему составу различаются в зависимости от способа добычи полезных ископаемых и образуются в результате попадания подземных и поверхностных природных вод в горные выработки, где они подвергаются загрязнению. Как следует из исследования [5], универсального решения проблемы очистки сточных вод не существует в связи с тем, что их состав различен на разных объектах горнодобычи, а также может меняться сезонно или в процессе продвижения по пластам породы. Поэтому очистка шахтных вод – это комплекс технологических мероприятий, состав и порядок которых определяются в зависимости от ряда факторов, меняющихся в процессе работы горнодобывающего предприятия. В связи с этим установки очистки сточных вод принято называть модульными, и процесс доочистки карьерных сточных вод, рассматриваемый нами, является только одним из модулей. Поэтому, начиная решение задачи управления данной системой, нужно не забывать о согласованности со всеми другими модулями.

Эффективность разрабатываемой системы доочистки сточных вод, которая является первоначальной целью, состоит в минимизации количества примесей в воде, а также минимизации соотношения затрат на проведение этой очистки и общего количества очищенной воды. В настоя-

щее время проведен первоначальный анализ эффективности нескольких вариантов доочистки карьерных сточных вод до требуемых показателей качества в филиалах АО «УК «Кузбассразрезуголь» [6, 7, 8]. В нашем случае предпочтение отдано варианту доочистки карьерных сточных вод сложной реагентной обработкой с фильтрованием на зернистой и сорбционной загрузке и дальнейшей обработки промывной воды. В данном варианте доочистка будет осуществлена до требований ПДК водоемов рыбохозяйственного назначения. Основные ступени очистки карьерных сточных вод: аэрация; реагентная обработка содой, коагулянтом, флокулянтом; фильтрация; обработка промывной воды и осадка.

Внешними факторами, влияющими на процесс доочистки сточных карьерных вод за счет сложной реагентной обработки, являются:

- условия окружающей среды, так, в частности, при температуре ниже плюс 10 градусов требуется подключать дополнительное обогревание;

- химический состав и концентрация примесей в исходных сточных водах, так как, во-первых, меняются режимы работы горного предприятия, а во-вторых, меняется состав горной породы в разных слоях и, следовательно, постоянно меняется состав поллютантов;

- загрязнение очистного оборудования, так как в данном методе используются периодические режимы работы, требующие регулярной очистки и регенерации активных сред и рабочих поверхностей используемого оборудования, при этом периодичность очистки зависит от множества факторов, которые не всегда подлежат автоматическим измерениям [9].

Помимо указанных внешних факторов особенность горнодобывающих предприятий добавляет и ряд внутренних факторов, которые также нужно учитывать при создании системы управления:

- большая территориальная рассредоточенность технических подсистем, приводящая к несвоевременному получению оперативной информации и, как следствие, к поздней реакции на указанные выше внешние факторы;

- выход из строя какой-либо части оборудования сложно поддается оперативному ремонту, что связано с удаленностью объекта, а следовательно, и его подсистем от централизованных хорошо оборудованных мастерских;

- невозможность полностью вести автоматическое управление в связи с тем, что ряд параметров (состав горной породы, концентрация примесей) измеряется только лабораторно и требует постоянного участия обслуживающего персонала.

ОПИСАНИЕ МЕТОДОВ И ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Разрабатываемая система автоматизации процесса доочистки карьерных сточных вод должна соответствовать описанным ранее требованиям, для чего предлагается использовать следующие основные принципы организации автоматизированного управления:

- создаваемая информационно-управляющая система должна быть распределенной и децентрализованной, обеспечивающей максимальную надежность и отказоустойчивость всех подсистем;

- каждая из локальных подсистем должна обладать некоторой автономностью, а обмен информацией с другими подсистемами должен быть по возможности минимизирован;
- все локальные подсистемы должны снабжаться надежной связью между собой и с верхним уровнем управления, а также с другими подразделениями горнодобывающего предприятия и, особенно, с модулями процесса очистки карьерных вод;
- каждую локальную подсистему необходимо снабдить удобным человеко-машинным интерфейсом, отражающим все основные задачи и возникающие проблемы;
- человеко-машинный интерфейс должен помогать принимать решения, опираясь на постоянно накапливаемый опыт решения подобных задач в предыдущие этапы управления.

Схема процесса доочистки карьерных сточных вод сложной реагентной обработкой с фильтрованием на зернистой и сорбционной загрузке и дальнейшая обработка промывной воды представлены на рис. 1. Отбор воды из пруда-отстойника 1, обеспечивающего удаление минеральных примесей и взвесей, осуществляется плавучей насосной станцией 2. Для насыщения воды кислородом в периоды его дефицита система оснащена погружными аэраторами 3.

Далее последовательно дозируются рабочие растворы: в смесителе 4 – соды из установки 5; в смесителе 6 – коагулянта из установки 7; в смесителе 8 – флокулянта из установки 9. После этого производится осветление воды на напорных контактных осветлителях 10, обеспечивающих необходимую эффективность процесса. Для доочистки воды по компонентам «БПК», «марганец», «железо общее» предназначены напорные угольные фильтры 11.

Для промывки/взрыхления осветлителей и фильтров служит насосная установка 12, отбирающая промывную воду из резервуара 13. При этом промывные воды, отходящие из верхних частей напорных контактных осветлителей 10 и напорных угольных фильтров 11, обрабатываются раствором флокулянта 2 (из реагентной установки 15 через смеситель 14) и поступают на осветление в отстойники 16.

Осветленная вода при помощи насосной станции 17 возвращается в существующий пруд, а шлам посредством шламовых насосов 18 перекачивается на шламовые площадки (накопитель). Фильтрат угольных фильтров насосной станцией 19 перекачивается к выпуску.

Проведя предварительный анализ схемы, можно условно выделить следующие независимые друг от друга подсистемы, требующие автоматизации:

- подсистема 1 (насосная станция) – плавучая насосная станция 2 с погружными аэраторами 3. Также в пруду-отстойнике будут находиться датчики температуры;
- подсистема 2 (дозировка соды) – система дозирования рабочего раствора соды, состоящая из установки 5 и смесителя 4. Соотношение подаваемого раствора соды к расходу доочищаемой воды должно задаваться оператором в зависимости от степени загрязнения сточных вод, текущего значения pH и от сезонных параметров. Также в этой системе предусматриваются поддержание требуемой температуры раствора и его непрерывная подготовка за счет подачи воды и соды с постоянным перемешиванием с помощью мешалки;
- подсистема 3 (дозировка коагулянта) – система дозирования рабочего раствора коагулянта, состоящая из установки 7 и смесителя 6. Соотношение расхода коагулянта и воды так же поддерживается автоматически, как и в предыдущей подсистеме в зависимости от текущих требований, и постоянно происходит подготовка рабочего раствора;
- подсистема 4 (дозировка флокулянта) – система дозирования рабочего раствора флокулянта, состоящая

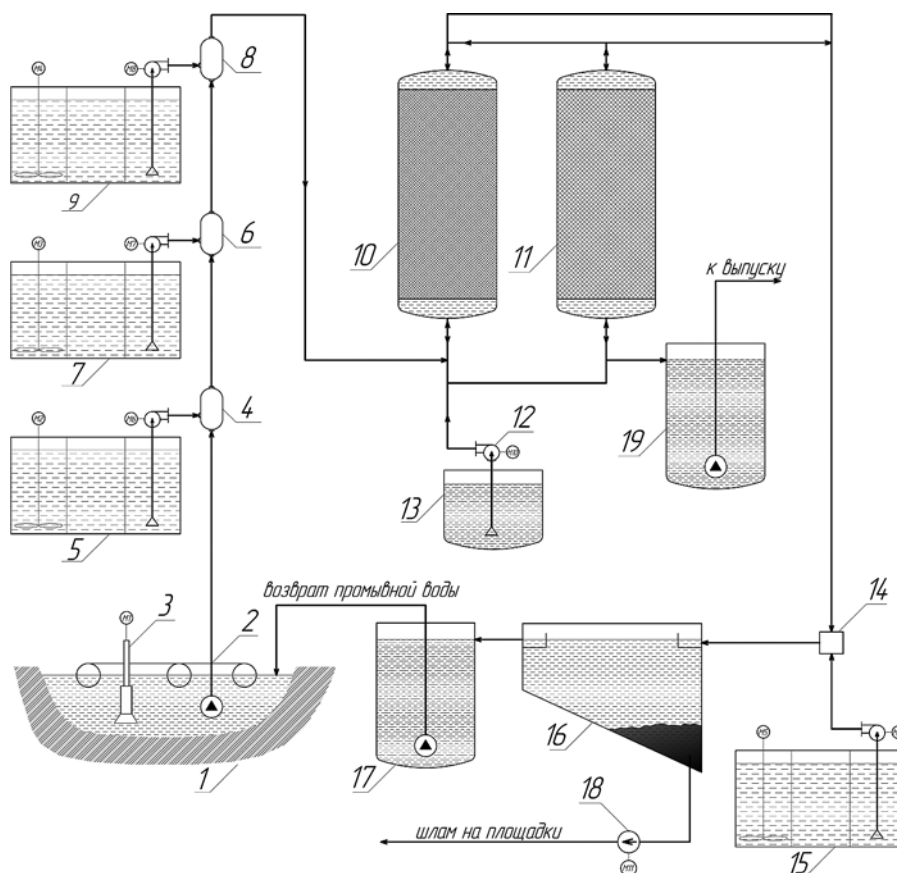


Рис. 1. Схема процесса доочистки карьерных сточных вод сложной реагентной обработкой с фильтрованием на зернистой и сорбционной загрузке
 Fig. 1. Schematic diagram of the final treatment process of quarry wastewater using complex reactant treatment with filtration on granular and sorption charge

из установки 9 и смесителя 8. Автоматизация аналогична двум предыдущим подсистемам;

- подсистема 5 (освещение) – система освещения воды на напорных контактных осветлителях 10, состоящая из нескольких осветлителей в зависимости от нагрузки и производительности каждого. При этом автоматически производится контроль загрязнения каждого из них и регулярная периодическая промывка;
- подсистема 6 (доочистка) – система доочистки воды по компонентам «БПК», «марганец», «железо общее» на напорных угольных фильтрах 11. Система автоматизации фильтров аналогична предыдущей системе. В этой же системе производится автоматизация насосной станции 19, перекачивающей фильтрат угольных фильтров к выпуску;
- подсистема 7 (промывка осветлителей) – вспомогательная система для промывки осветлителей 10 и фильтров 11 с помощью насосной установки 12 и резервуара 13, обеспечивающая необходимый напор и расход воды для промывки всех требуемых в данный момент аппаратов;
- подсистема 8 (обработка промывной воды) – система обработки промывной воды, отходящей из верхних частей осветлителей 10 и фильтров 11, состоящая из установки 15 с обрабатывающим раствором флокулянта 2 и смесителя 14, в которых автоматически

поддерживается соотношение расхода раствора флокулянта 2 и отходящей воды в зависимости от температуры и качества исходного раствора коагулянта 2, как и в подсистемах 2, 3 и 4;

- подсистема 9 (отстойники) – завершающая система контроля отстойника 16 насосной станции 17 и шламовых насосов 18, где необходимо отслеживать наполнение отстойника, не допуская его переполнения и опустошения, а также контролировать уровень шлама на дне отстойника.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ СТРУКТУРЫ АСУ ТП

Для реализации первого принципа организации автоматизированного управления при формировании структуры АСУ ТП, чтобы обеспечить надежность и отказоустойчивость, каждая из выделенных подсистем должна иметь свой независимый набор технических средств и быть полностью автономной для реализации всех систем регулирования и блокировки [10]. В отдельных случаях могут потребоваться погодостойчивые щиты автоматизации, так как в некоторых приближенных к водоемам подсистемах затруднительно производить отопление модуля с элементами автоматики. На рис. 2 каждая локальная подсистема автоматизации условно обведена штрихпунктирной линией и поименована как было указано ранее.

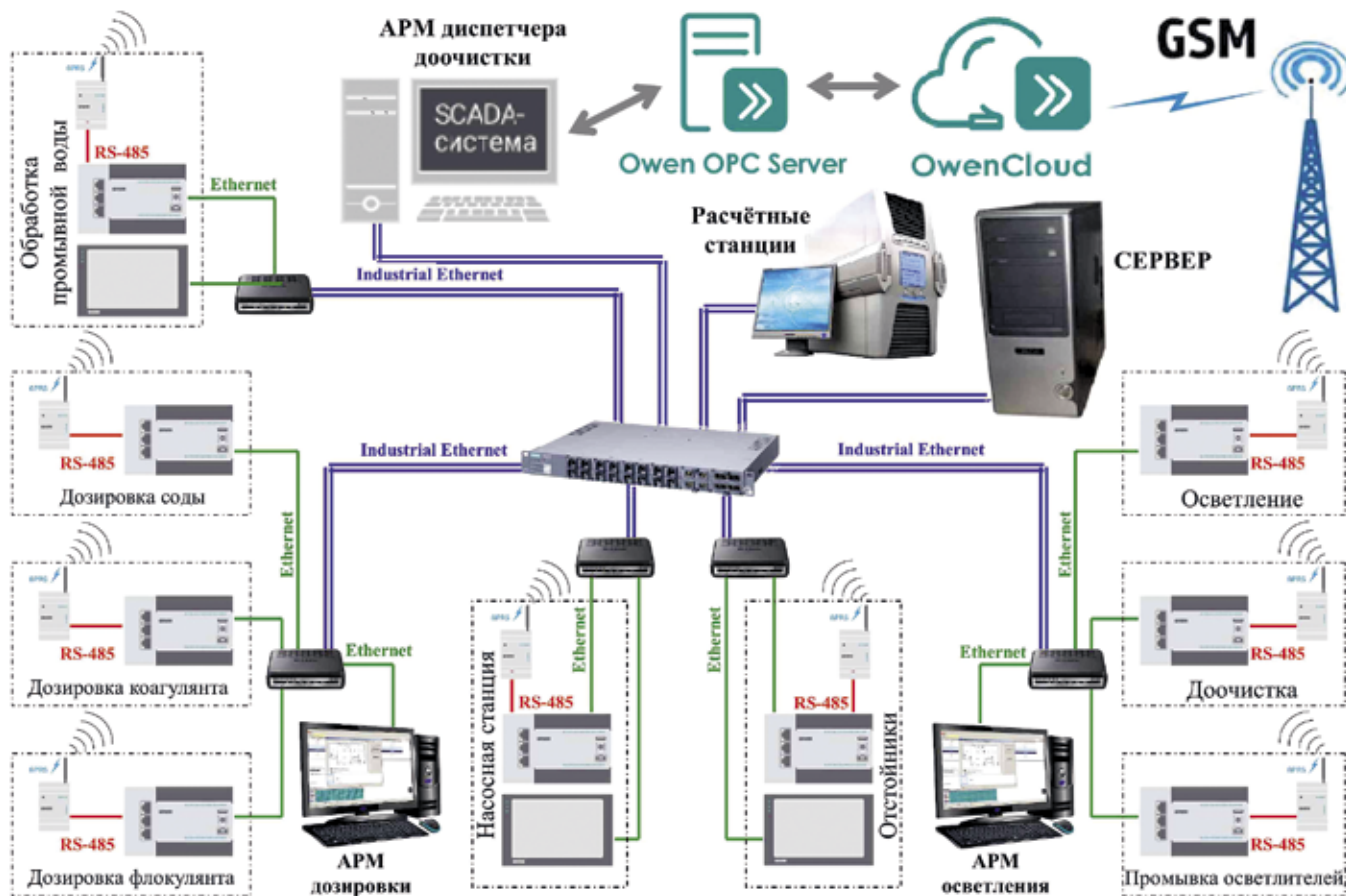


Рис. 2. Структура распределенной АСУ ТП процесса доочистки карьерных сточных вод

Fig. 2. Structure of the distributed automated control system of the open pit wastewater final treatment process

Для быстрого обнаружения возникающих проблем и оперативного вмешательства при реализации четвертого принципа каждый локальный пункт автоматизации предлагается снабдить или рабочим местом оператора, если это возможно с организационной точки зрения, или сенсорной панелью с возможностью вывода текущей информации об объекте на «АРМ диспетчера доочистки». На структурной схеме АСУ ТП предложено выделить два автоматических рабочих места для процессов дозирования «АРМ дозирования» и процессов очистки «АРМ осветления». Оставшиеся три локальных системы снабжены сенсорными панелями непосредственно в щитах автоматизации.

Особое внимание стоит уделить связи подсистем между собой и с верхним уровнем управления. С одной стороны, трафик обмена информацией будет минимизирован, как это предлагается во втором принципе к организации управления, но, с другой стороны, при этом необходимо вести постоянную статистику возникающих нештатных/аварийных ситуаций, анализировать ее и, как отмечено в четвертом принципе, оперативно подсказывать операторам самые эффективные способы управления в сложившейся ситуации.

Для обеспечения надежности передачи информации предлагается:

– близко расположенные друг к другу локальные подсистемы автоматизации соединять на базе протокола Ethernet с использованием витой пары [11] (зеленая линия, см. рис. 2). «АРМ дозирования» и «АРМ осветления» подключены таким же образом;

– удаленные локальные подсистемы автоматизации, сервер, расчетные станции и «АРМ диспетчера доочистки» необходимо подключать с помощью сети Industrial Ethernet на базе оптоволоконных кабелей (синяя двойная линия, см. рис. 2).

Организованная таким образом сеть позволит подключить все подсистемы между собой и координировать их работу в общем центре управления, где будут располагаться сервер и необходимое количество расчетных станций.

Дополнительно каждую из подсистем управления предлагается снабдить модемами GSM типа «ОВЕН ПМ210» и подключить их к единому облачному хранилищу OwenCloud [12, 13]. С помощью Owen OPC Server к данному хранилищу будут подключаться «АРМ диспетчера доочистки», а через него все организуемые рабочие места верхнего и административного уровня. Таким образом, все операторы будут получать информацию о текущих изменениях всех важных технологических параметров с нижнего уровня по проводным каналам связи и непосредственно из облачного хранилища. Так реализуется пятый принцип организации автоматизированного управления разрабатываемым объектом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При разработке автоматизированной системы управления технологическим процессом доочистки карьерных сточных вод нужно учитывать множество внешних и внутренних факторов, оказывающих влияние на работу системы. Необходимо минимизировать воздействие этих

факторов и не допускать нарушения заранее рассчитанных и отработанных режимов эксплуатации очистных сооружений.

Поэтому прежде чем переходить к локальным задачам автоматизации отдельных технологических единиц и агрегатов, включенных в процесс доочистки, был детально проработан весь спектр факторов. Для каждого из них предложены конструктивные особенности, которые положены в основу разрабатываемой системы автоматического управления.

В результате предлагаемая распределенная АСУ ТП процесса доочистки карьерных сточных вод имеет модульную структуру, в которой каждый модуль снабжен локальной системой диспетчеризации и двумя каналами связи с вышестоящими уровнями управления. Основным каналом является проводная сеть Ethernet, а в качестве дублирующей выступает канал на базе сети GSM с последующей связью через облачное хранилище OwenCloud.

Список литературы

1. Выбор технологии очистки сточных вод угольных разрезов от сульфат-ионов / Л.А. Иванова, П.П. Иванов, Н.В. Гора и др. // Кокс и химия. 2022. № 12. С. 44-48. DOI :10.52351/00232815-2022-12-44.
2. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-коммунального водопользования. [Интернет-ресурс]. URL: http://www.infosait.ru/norma_doc/41/41363/.htm (дата обращения: 15.09.2023).
3. Рудой Г. Автоматизированная система диспетчеризации и управления процессом очистки промышленных стоков // Современные технологии автоматизации. 2012. № 1. С. 66-73.
4. Клевцов А. Технологии автоматизации оборудования карьеров нерудных материалов // Современные технологии автоматизации. 2016. № 1. С. 76.
5. Парубов А.Г., Любич К.А. Очистка шахтных и карьерных вод. Методология постановки и решения задачи. Новосибирск: Гормашэкспорт, 2011. 26 с.
6. Оценка эффективности очистки сточных вод угледобывающего предприятия и ее влияние на загрязнение малых рек / Л.А. Иванова, Н.С. Голубева, И.В. Тимошук и др. // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 1. С. 60-65. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-1-60-65.
7. Сабирова Т.М. Наилучшие доступные технологии для очистки сточных вод коксохимических производств // Кокс и химия. 2021. № 9. С. 45-55. DOI: 10.52351/00232815-2021-09-45.
8. К вопросу о возможности использования адсорбции при очистке карьерных сточных вод / И.В. Тимошук, А.К. Горелкина, Л.А. Иванова и др. // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2021. № 3. С. 59-63.
9. Anis S.F. Hilal N., Hashaikeh R. Reverse osmosis pretreatment technologies and future trends: A comprehensive review // Desalination. 2019. Vol. 452. P. 159-195. DOI: 10.1016/j.desal.2018.11.006.
10. Нестуля Р.В., Сердюков О.В., Скворцов А.Н. Архитектура отказоустойчивой распределенной среды управления для АСУ ТП крупных технологических объектов / «Параллельные вычисления и задачи управления» РАСО 2012. Шестая международная конференция. Труды: в 3 т., Москва, 24-26 октября 2012 года. Т. 1. Москва: ИПУ РАН, 2012. С. 178-187.

11. Шишов О.В. Современные тенденции развития сетевых технологий в АСУ ТП // Промышленные АСУ и контроллеры. 2018. № 9. С. 37-45.
12. Разаренов Ф.С. Облачный сервис OwenCloud и его возможности // Автоматизация в промышленности. 2017. № 7. С. 22-24.
13. Валуний К.К. Облачные технологии в автоматизации и облачный сервис OwenCloud // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2020. № 2. С. 4-6.

Original Paper

ECOLOGY

UDC 504.4.054 © S.G. Pachkin, P.P. Ivanov, L.A. Ivanova, E.S. Mikhailova, A.G. Semenov, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 10, pp. 82-88
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-82-88>

Title

DEVELOPMENT OF A DISTRIBUTED DISPATCH CONTROL SYSTEM FOR THE PROCESS OF POST-TREATMENT OF QUARRY WASTEWATER

Authors

Pachkin S.G.¹, Ivanov P.P.¹, Ivanova L.A.¹, Mikhailova E.S.¹, Semenov A.G.¹

¹ Kemerovo state university, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors Information

Pachkin S.G., PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems, e-mail: sergon777@inbox.ru

Ivanov P.P., PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems, e-mail: ipp7@yandex.ru

Ivanova L.A., PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Technosphere Safety, e-mail: lyuda_ivan@mail.ru

Mikhailova E.S., PhD (Chemistry), Head of the Department for Implementation of Integrated Scientific and Technical Program, e-mail: e_s_mihaylova@mail.ru

Semenov A.G., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Theory and Methods of Teaching Natural Science and Mathematical Disciplines, e-mail: agsem55@yandex.ru

Abstract

Open-pit coal mining enterprises are characterized by a large territorial dispersion and, as a consequence, a delay in obtaining up-to-date information on changes in external and internal factors affecting the quality of wastewater treatment from pollutants of organic and inorganic nature. Therefore, when developing a system for complex automation of the process of post-treatment of quarry wastewater, the principle of "Top – down" was taken as a basis and all the tasks that should be solved by automatic systems were analyzed. On the basis of which the principles of construction of the automation system being created are formulated on the example of the process of post-treatment of quarry wastewater by complex reagent treatment with filtration on granular and sorption loading, and further treatment of washing water. The entire technological process, taking into account the territorial location, was divided into 9 local automation subsystems, the connection between which and the upper level of the automated process control system is organized through two independent channels of information transmission.

Keywords

Wastewater, Open-pit coal mining enterprises, Environmental problems, Automation, Automated process control system structure, Distributed automation systems.

References

1. Ivanova L.A., Ivanov P.P., Gora N.V., Kondratyeva Yu.V. Selection of technology to remove sulfate ions from coal strip mine wastewater. *Koks i himiya*, 2022, (12), pp. 44-48. (In Russ.). DOI: 10.52351/00232815-2022-12-44.
2. GN 2.1.5.1315-03. Maximum allowable concentrations (MACs) of chemicals in the water of water objects used for drinking and domestic recreation purposes. [Electronic resource]. Available at: http://www.infosait.ru/norma_doc/41/41363/.htm (accessed 15.09.2023).
3. Rudoy G. Automated dispatching and control system for industrial wastewater treatment processes. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii*, 2012, (1), pp. 66-73. (In Russ.).
4. Klevtsov A. Technologies of equipment automation for rock and aggregate quarries. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii*, 2016, (1), pp. 76. (In Russ.).

5. Parubov A.G. & Lyubich K.A. Treatment of underground and surface mine waste water. Methodology of problem formulation and solution. Novosibirsk, Gormashexport Publ., 2011, 26 p. (In Russ.).

6. Ivanova L.A., Golubeva N.S., Timoshchuk I.V. et al. Evaluation of the efficiency of wastewater treatment of a coal mining enterprise and its impact on the pollution of small rivers. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2023, Vol. 27, (1), pp. 60-65. (In Russ.). DOI: 10.18412/1816-0395-2023-1-60-65.

7. Sabirova T.M. Best available technologies for wastewater treatment at coke plants. *Koks i himiya*, 2021, (9), pp. 45-55. (In Russ.). DOI: 10.52351/00232815-2021-09-45.

8. Timoshchuk I.V., Gorelkina A.K., Ivanova L.A. et al. On the issue of possibility to use adsorption while the open-pit mine wastewater treatment. *Vestnik Nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti*, 2021, (3), pp. 59-63. (In Russ.).

9. Anis S.F. Hilal N. & Hashaikeh R. Reverse osmosis pretreatment technologies and future trends: A comprehensive review. *Desalination*, 2019, (452), pp. 159-195. DOI: 10.1016/j.desal.2018.11.006.

10. Nestulya R.V., Serdyukov O.V. & Skvortsov A.N. Architecture of fail-safe distributed control environment for automated technological process control system of large-scale technological facilities. 'Parallel Computation and Control Problems'. PACO 2012: Sixth International Conference. Proceedings in 3 Volumes, Moscow, October 24-26, 2012, Vol. 1, Moscow, Institute of Control Sciences of RAS, 2012, pp. 178-187. (In Russ.).

11. Shishov O.V. Modern trends in development of network technologies for automated process control systems. *Promyshlennye ASU i kontroly*, 2018, (9), pp. 37-45. (In Russ.).

12. Razarenov F.S. OwenCloud cloud service and its capabilities. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*, 2017, (7), pp. 22-24. (In Russ.).

13. Valyunin K.K. Cloud technology in automation and OwenCloud cloud service. *Vodoочистка, водоподготовка, водоснабжение*, 2020, (2), pp. 4-6. (In Russ.).

Acknowledgements

The work research was carried out as part of the 'Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life' Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No. 1144p of the Government of the Russian Federation dated May 11, 2022, Agreement No. 075-15-2022-1201.

For citation

Pachkin S.G., Ivanov P.P., Ivanova L.A., Mikhailova E.S. & Semenov A.G. Development of a distributed dispatch control system for the process of post-treatment of quarry wastewater. *Ugol'*, 2023, (10), pp. 82-88. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-10-82-88.

Paper info

Received May 17, 2023

Reviewed September 14, 2023

Accepted September 26, 2023