

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации **Куликовского Михаила Андреевича** на тему «Модели и алгоритмы автоматизированного управления процессом кислотного растворения золотосодержащих гранул», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 - «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», состоявшейся в НИТУ МИСИС» 18 февраля 2026 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 15.12.2025г. (протокол №35).

Диссертация выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» на кафедрах: «Цветных металлов и золота» и «Бизнес-информатики и систем управления производством».

Научный руководитель – Пятецкий Валерий Ефимович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Бизнес-информатики и систем управления производством» НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол №35 от 15.12.2025 г.) в составе:

1. Темкин Игорь Олегович, д.т.н., заведующий кафедрой автоматизированных систем управления НИТУ МИСИС – председатель комиссии;

2. Гончаренко Сергей Николаевич, д.т.н., профессор кафедры автоматизированных систем управления НИТУ МИСИС;

3. Тарасов Вадим Петрович, д.т.н., заведующий кафедрой цветных металлов и золота НИТУ МИСИС;

4. Бахтадзе Наталья Николаевна, д.т.н., заведующая лабораторией № 41 «Идентификации систем управления им. Н.С. Райбмана» федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук;

5. Тельнов Юрий Филиппович, д.э.н., заведующий кафедрой прикладной информатики и информационной безопасности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова».

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», г. Москва.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- построена оригинальная адаптивная модель управления процессом кислотного аффинажа, представленная в виде ансамбля нейронных сетей, позволяющая прогнозировать целевые показатели процесса: степень извлечения золота в раствор; объем нерастворимого осадка и содержание в нем драгоценного металла. Кроме того, модель позволяет определять технологические режимы процесса, а именно соотношение Т:Ж, температуру, частоту вращения реактора, длительность растворения, скорость дозирования реагентов и концентрацию газа, которые должны обеспечивать получение требуемых значений показателей на основе исходных данных контрольного свидетельства, поступающего из лаборатории.
- разработан алгоритм функционирования автоматизированной системы управления (системы-советчика) технологией растворения золотосодержащих гранул, который обеспечивает индивидуальное регулирование технологических режимов на основе непрерывного анализа отклонений фактических показателей протекания процесса, а именно: температура, скорость дозирования реагентов, концентрация отходящего газа от требуемых.
- разработана структурная схема и реализована автоматизированная система управления процессом кислотного растворения золотосодержащих гранул, в рамках которой выполняются прогнозные и оптимизационные расчеты технологических режимов процесса, а также оперативное информирование аппаратчика о необходимости выполнения корректирующих регулировок вентилей подачи горячего пара, кислот и деионизированной воды.

Теоретическая значимость исследования заключается:

- в разработке, на основе детального экспериментального изучения процессов кислотного аффинажа золотосодержащих гранул, ансамбля нейросетевых моделей, учитывающего совокупность факторов, влияющих на интегральные показатели процесса, и позволяющего осуществлять достоверные прогнозы этих показателей, а также определять предварительные параметры настройки регулирующих вентилей;
- в разработке алгоритма функционирования автоматизированной системы управления технологией растворения золотосодержащих гранул, обеспечивающего согласованное использование разработанных моделей и оперативное уведомление оператора (аппаратчика) о необходимости осуществления управляющих корректировок в режимы технологического процесса.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработанные в ходе выполнения диссертационной работы модели и алгоритмы автоматизированного управления процессом растворения золотосодержащих гранул успешно апробированы на предприятии АО «Московский завод по обработке специальных сплавов» о чем свидетельствует акт проведения укрупненных лабораторных испытаний;

- точность работы автоматизированной системы управления (системы-советчика) в части прогноза значений интегральных показателей процесса – на уровне не ниже 98%.
- достигнутая точность прогноза интегральных показателей процесса обеспечивает рост извлечения золота в раствор, сокращение брака золотого порошка на этапе осаждения за счет сниженного содержания серебра в растворе, снижение общей продолжительности процесса в среднем на 25-30%, что дает реальную экономию, которая подтверждается соответствующим актом проведения укрупненных лабораторных испытаний.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

- исследования производились на основе корректного и обоснованного применения процедур нейросетевого моделирования с использованием в ходе вычислительных экспериментов специализированного программного обеспечения и известных методов статистического анализа экспериментальных данных, полученных с реального производственного объекта управления;
- использовались актуальные технические средства измерения, сбора и передачи информации для получения адекватной информации о значения параметров и показателей процесса кислотного аффинажа, а полученные результаты вычислительных экспериментов подтвердили работоспособность разработанных моделей и алгоритмов;
- эффективность разработанной автоматизированной системы управления подтверждается результатами укрупненных лабораторных испытаний на аффинажном производстве АО «Московский завод по обработке специальных сплавов».

Личный вклад соискателя состоит

В непосредственном участии соискателя в анализе и предобработке исходных данных, получении основных научных результатов, обработке и интерпретации результатов компьютерных и промышленных экспериментов, подготовке основных публикаций по выполненной работе и формулировании требований к разрабатываемой автоматизированной системе управления для возможности ее практического использования в производственных процессах.

Материалы диссертации опубликованы в 1 статье в рецензируемом издании из перечня ВАК РФ и 2 статьях в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и WoS, кроме того, соискатель имеет 5 публикаций в материалах, опубликованных по результатам выступлений на российских и международных конференциях. Соискатель имеет шесть свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Куликовского Михаила Андреевича соответствует критериям п.2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней, на основании выполненных автором исследований решена актуальная научно-практическая

задача повышения эффективности процесса кислотного растворения золотосодержащих гранул за счет использования оригинального ансамбля нейросетевых моделей в рамках разработанной автором автоматизированной системы управления, позволяющей оперативно корректировать технологические режимы с учетом прогнозируемых интегральных показателей качества результатов процесса.

Научная специальность полностью соответствует паспорту специальности 2.3.3 - «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (пункты 6, 12).

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Куликовскому Михаилу Андреевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 - «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»

Результаты голосования

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве _____ человек, участвовавших в заседании из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала:

за – 5 (пять),

против - нет ,

недействительных бюллетеней - нет.

Председатель Экспертной комиссии
д.т.н., заведующий кафедрой
автоматизированных систем управления НИТУ МИСИС



Темкин И.О.

«20» февраля 2026г.