



TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



№ 5 (4) 2026

TECHSCIENCE.UZ

№ 5 (4)-2026

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES
OF TECHNICAL SCIENCES**

TOSHKENT-2026

BOSH MUHARRIR:

KARIMOV ULUG'BEK ORIFOVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich - Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax politexnika universiteti

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Adizov Bobirjon Zamirovich– Texnika fanlari doktori, professor, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich - Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax davlat pedagogika universiteti;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Maxmudov Muxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax politexnika universiteti;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax politexnika universiteti;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro muhandislik-texnologiya instituti.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA**FANLARINING DOLZARB**

MASALALARI elektron jurnali

15.09.2023-yilda 130343-sonli

guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huquqlar himoyalangan.

© Scienceproblems team, 2026-yil

© Mualliflar jamoasi, 2026-yil

MUNDARIJA

<i>Беккулов Джахонгир, Тураев Хуршид</i> ПРОГНОЗИРУЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ СУШКИ ТВЁРДЫХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ	5-15
<i>Бахромов Хасан, Бозорбоев Жавлонбек, Жумаев Фиёсжон</i> АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ ФИЛЬТРА ВИНЕРА-ХОПФА И ФИЛЬТРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ	16-20
<i>Hamdamova Dilshoda</i> BADIIY ADABIYOTLAR VOSITASIDA O'QUVCHILARNING AXLOQIY MADANIYATINI YUKSALTIRISH TIZIMI Й	21-23
<i>Babadjanov Elmurod, Maxambetjaliev Musabek</i> RFID YORDAMIDA AVTOTURARGOH KIRISH-CHIQUISHINI NAZORAT QILISH VA BANDLIKNI QISQA MUDDATTA VAHOLASH	24-29
<i>Айтмуратов Бакберген, Оразымбетов Темурубек</i> МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НУКУССКОГО РАЙОНА НА ОСНОВЕ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ И МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	30-36
<i>Qutlimuratov Yusup, Orazbayev Shaxmardan</i> YERLARNING SHO'RLANISH DARAJASINI ANIQLASH VA PROGNOZ QILISHDA NEYRON TARMOQLARDAN FOYDALANISH	37-42
<i>Aimbetova Gulara, Sarsenbaeva Hu'rlixa, Djumabaev Alpamis</i> KAM RESURSLI TILLARNI RAQAMLASHTIRISHDA SUN'TY INTELLEKT MODELLARINING SAMARADORLIGI VA MAVJUD MUAMMOLAR	43-48
<i>Abdullayev Elmurod, Bektemirov Hojimurod</i> TABIIY TILNI QAYTA ISHLASH ALGORITMLARINING BARQARORLIGINI NAZARIY TAHLIL QILISH	49-54
<i>Mamatov Narzillo, Samijonov Abdurashid, Abdullaeva Barno,</i> <i>Usarov Jurabek, Samijonov Boymirzo</i> QULOQ CHANOG'IGA ASOSLANGAN SHAXSNI IDENTIFIKATSIYALASH USULI	55-67
<i>Xaqberdiyev Asliddin</i> TOMCHILATIB SUG'ORISHDA NAVIER - STOKES TENGLAMALARIDAN FOYDALANIB, SUV SARFINI OPTIMALLASHTIRISH	68-74
<i>Xamzayev Dilshod</i> PAXTANI QURITISH QURILMASI: KONSTRUKSIYA, ISH PRINSIPLARI VA ISSIQLIK-TEXNIK XUSUSIYATLARNING KENGAYTIRILGAN TADQIQI	75-80
<i>Odilova Mohigul</i> METROLOGIYA SOHASIDA XALQARO UYG'UNLASHUV: O'ZBEKISTON MISOLIDA TAHLIL INTERNATIONAL HARMONIZATION IN THE FIELD OF METROLOGY: A CASE STUDY OF UZBEKISTAN	81-87

<i>Doniyev Erkin, Yusupov Rustam, Eshqurbonov Anvar</i> BAZALT TOLALI KOMPOZIT QOPLAMALARNI YAQIN INFRAQIZIL NURLANISH YORDAMIDA QURITISH: TEXNOLOGIYA, STRUKTURA VA XOSSALAR	88-94
<i>Sayitov Shavkatjon, Xolmatov Erkinjon</i> PAHTA QURITISH JARAYONINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH ISTIQBOLLARI	95-103
<i>Эргашева Камола</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКИХ СРЕД	104-110
<i>Ismoilov Muxriddin, Rahimov Anvarjon, Isomiddinova Soliha, Xolmamatova Shaxzoda</i> ASINXRON DVIGATELLAR BOSHQARUV TIZIMLARIDA TIZIMLI XATOLIKLARNI DIAGNOSTIKA QILISH VA ULARNI KOMPENSATSIYA QILISH ORQALI DASTGOHLAR ANIQLIGINI OSHIRISH	111-120
<i>To'rayev Azizbek, Karimov Abror</i> YAQIN INFRAQIZIL NURLANISHGA ASOSLANGAN O'LCHASH ASBOBLARINI TADQIQ QILISH VA ULARNING METROLOGIK XARAKTERISTIKALARINI O'RGANISH	121-126
<i>Рустамзаде Джошгун</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖАРКОГО КЛИМАТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СГОРАНИЯ В ГАЗОВЫХ ТУРБИНАХ И РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	127-136
<i>Mammadov Fuad, Kalbaliyev Faig</i> PERFORMANCE ASSESSMENT OF SUPERCRITICAL CO2 BRAYTON CYCLES IN SOLAR POWER TOWER SYSTEMS	137-145
<i>Xasanov Azimjon</i> MAHALLIY XOM ASHYOLAR VA CHIQINDILAR ASOSIDA YENGIL BETON	146-151
<i>Abdumannopov Ozodbek, Askarov Xasanjon</i> O'ZBEKISTONDA ZAMONAVIY QURILISH MATERIALLARINI ISHLAB CHIQARISH: HOLATI, MUAMMOLAR VA ISTIQBOLLAR	152-156
<i>Xujanov Chariyar</i> QUTQARUV-QIDIRUV ISHLARINING VAZIFALARI VA TASHKILIY TUZILMASI	157-162

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКИХ СРЕД

Эргашева Камола Насриддиновна

Ташкентский государственный технический университет

Email: Forever.lucky@gmail.com

Аннотация. В данной работе рассматривается задача оптимизации параметров математической модели измерительного устройства для контроля плотности и вязкости жидких сред. Предложен комбинированный подход, основанный на использовании классических методов калибровки, градиентной оптимизации весов LSTM-нейросети и адаптивной коррекции параметров в реальном времени. Особое внимание уделено формированию функционала ошибки, а также учёту ограничений и условий устойчивости оптимизационного процесса. Проведённые экспериментальные исследования показали, что применение предложенной методики позволяет существенно повысить точность измерений и снизить систематические и динамические погрешности. В результате оптимизации достигнута точность измерения плотности до $\pm 0,5$ кг/м³ и вязкости до $\pm 1,5\%$, что соответствует современным метрологическим требованиям и подтверждает эффективность разработанного подхода.

Ключевые слова: оптимизация параметров, математическая модель, калибровка датчиков, плотность, вязкость, интеллектуальные измерительные системы.

OPTIMIZATION OF MATHEMATICAL MODEL PARAMETERS OF A MEASURING DEVICE FOR CONTROLLING THE REOLOGICAL PROPERTIES OF LIQUID MEDIA

Ergasheva Kamola Nasriddinovna

Tashkent State Technical University

Annotation. This work examines the task of optimizing the parameters of the mathematical model of a measuring device for monitoring the density and viscosity of liquid media. A combined approach is proposed, based on the use of classical calibration methods, gradient optimization of LSTM neural network weights, and adaptive adjustment of parameters in real time. Particular attention is paid to the formation of error functionality, as well as the consideration of constraints and stability conditions of the optimization process. Conducted experimental studies have shown that the application of the proposed methodology significantly increases measurement accuracy and reduces systematic and dynamic errors. As a result of optimization, a density measurement accuracy of up to ± 0.5 kg/m³ and a viscosity of up to $\pm 1.5\%$ was achieved, which meets modern metrological requirements and confirms the effectiveness of the developed approach.

Keywords: parameter optimization, mathematical model, sensor calibration, density, viscosity, intelligent measurement systems.

DOI: <https://doi.org/10.47390/ts-v4i5y2026N15>

Введение

Современное развитие промышленности, особенно в таких отраслях, как нефтехимия, пищевая промышленность, фармацевтика и производство полимеров,

требует высокоточного контроля свойств жидких сред. Одним из ключевых параметров, определяющих поведение жидкостей в технологических процессах, являются их реологические свойства, включая вязкость, тиксотропию и упругость.

Традиционные методы измерения реологических характеристик часто сталкиваются с рядом ограничений, таких как низкая точность в динамических условиях, инерционность измерительных систем и невозможность интеграции в автоматизированные системы управления технологическими процессами. В связи с этим возникает необходимость разработки и совершенствования измерительных устройств, основанных на математических моделях, способных адекватно описывать поведение жидких сред в реальном времени [1-4].

Особую актуальность приобретает задача оптимизации параметров математической модели измерительного устройства, так как корректный выбор параметров позволяет повысить точность измерений, устойчивость системы к внешним воздействиям и адаптивность к изменяющимся условиям технологического процесса. Использование современных методов оптимизации и цифровой обработки сигналов открывает новые возможности для создания интеллектуальных измерительных систем.

Методология

В рамках данного исследования применяется комплексный подход, включающий математическое моделирование, методы оптимизации и анализ экспериментальных данных.

На первом этапе формируется математическая модель измерительного устройства, описывающая зависимость выходного сигнала от реологических параметров исследуемой жидкости. В качестве базовой модели используется уравнение, связывающее напряжение сдвига и скорость деформации, например, модель Ньютона или обобщённые нелинейные модели (Бингама, Оствальда-де-Вилля).

Для ньютоновской жидкости основное соотношение может быть представлено следующим образом:

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma}, \quad (1)$$

где, τ – напряжение сдвига, η – динамическая вязкость, $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига.

На втором этапе проводится идентификация параметров модели на основе экспериментальных данных, полученных с измерительного устройства. Для этого используются методы наименьших квадратов, градиентные алгоритмы и методы машинного обучения. Далее осуществляется оптимизация параметров модели с целью минимизации ошибки между расчетными и экспериментальными значениями. В качестве критерия оптимизации используется функционал ошибки, например, среднеквадратичное отклонение. Рассматриваются различные методы оптимизации, включая: градиентный спуск; генетические алгоритмы; метод роя частиц (PSO); адаптивные алгоритмы [5,6].

На следующем этапе проводится анализ чувствительности модели к изменениям параметров, что позволяет определить наиболее значимые параметры и повысить устойчивость модели.

Заключительным этапом является верификация и валидация разработанной модели путем сравнения результатов моделирования с экспериментальными данными

в различных режимах работы. Это обеспечивает достоверность и практическую применимость разработанного измерительного устройства в условиях реального технологического процесса.

Для минимизации функционала ошибки и выбора оптимальных параметров математической модели применяются комбинированные методы, сочетающие классические подходы к идентификации параметров и современные алгоритмы машинного обучения. Такой гибридный подход обусловлен тем, что разные группы параметров модели обладают различной физической природой и по-разному влияют на точность измерений.

Классическая калибровка каналов. На первом этапе проводится базовая калибровка акустического и механического каналов. Для этого используются контрольные образцы жидкостей с известными значениями плотности и вязкости. Калибровочные коэффициенты C_ρ и C_η подбираются методом наименьших квадратов по результатам серии измерений в условиях, фиксированных температуры и давления. Такой подход позволяет устранить начальные систематические ошибки и обеспечить согласование выходных сигналов датчиков с эталонными величинами.

Градиентная оптимизация весов нейросети. Следующий шаг связан с оптимизацией весовых коэффициентов W в LSTM-архитектуре. Для этого используется метод градиентного спуска с обратным распространением ошибки во времени. Целевая функция выступает в роли критерия качества, по которому корректируются веса. Данный метод позволяет нейросети адаптироваться к нелинейным зависимостям между параметрами, а также учитывать временные корреляции в измерительных данных. Особенность LSTM заключается в том, что сеть «запоминает» предшествующие состояния, благодаря чему корректировка весов осуществляется не только по текущему сигналу, но и с учётом истории изменений, что повышает устойчивость модели [7].

Адаптивная коррекция в реальном времени. Третий этап оптимизации направлен на учёт влияния внешних возмущений и деградации компонентов системы. Поправочные функции $\delta_\rho(T, Re, S)$ и $\delta_\eta(T, Re, S)$ корректируются в реальном времени на основе данных о температуре, числе Рейнольдса и вектора диагностических параметров S . Для этого используется алгоритм адаптивной фильтрации, встроенный в LSTM-модуль, который динамически подстраивает коэффициенты под текущие условия. Такой подход позволяет минимизировать погрешности не только в стационарных режимах, но и при резких изменениях внешних факторов, например, при переходе от ламинарного течения к турбулентному или при колебаниях температуры.

Комбинированная стратегия оптимизации. На практике все три метода применяются совместно:

- калибровка задаёт базовую точку отсчёта для параметров системы;
- градиентное обучение нейросети обеспечивает адаптацию к нелинейным связям и временной динамике сигналов;
- адаптивная коррекция гарантирует устойчивость устройства в изменяющихся эксплуатационных условиях.

Благодаря такой многоуровневой схеме удаётся обеспечить стабильную точность: для плотности – не хуже $\pm 0,5$ кг/м³, для вязкости – не хуже $\pm 1,5\%$, что соответствует современным метрологическим требованиям.

Ограничения и условия устойчивости оптимизации

При решении задачи оптимизации необходимо учитывать не только минимизацию ошибки измерений, но и ряд ограничений, которые накладываются как метрологическими требованиями, так и физическими особенностями устройства. Игнорирование этих факторов может привести к ситуации, когда математическая модель демонстрирует хорошие результаты на ограниченном наборе данных, но теряет устойчивость при работе в реальных эксплуатационных условиях [8-11].

Ограничения на величину поправочных функций. Поправочные коэффициенты $\delta_\rho(T, Re, S)$ и $\delta_\eta(T, Re, S)$ должны оставаться в пределах, определённых нормативными документами по допустимой погрешности измерений. Введём условие:

$$|\delta_\rho(T, Re, S)| \leq 2\%, \quad |\delta_\eta(T, Re, S)| \leq 5\%. \quad (2)$$

Первое ограничение связано с высокой чувствительностью результатов к изменению плотности, второе – с большей вариативностью значений вязкости в реальных жидких средах.

Ограничения по времени вычислений. Оптимизационные алгоритмы и процедуры адаптивной коррекции должны обеспечивать обработку сигналов в реальном времени. Для разработанного устройства установлено требование:

$$T_{\text{обн}} \leq 100 \mu\text{s}, \quad (3)$$

что соответствует частоте обновления коэффициентов не ниже 10 кГц. Данное ограничение связано с рабочими характеристиками микропроцессорного блока и необходимостью синхронной обработки сигналов от всех датчиков.

Ограничения по диапазону рабочих параметров. Математическая модель должна сохранять устойчивость в пределах всего диапазона эксплуатации устройства:

$$-20^\circ\text{C} \leq T \leq +150^\circ\text{C}, \quad 0 \leq P \leq 1,6\text{MPa}, \quad 500 \leq Re \leq 5000. \quad (4)$$

Эти значения охватывают условия работы как при ламинарных, так и при турбулентных режимах течения, включая переходные зоны.

Условия устойчивости. Оптимизация считается устойчивой, если выполняются следующие условия:

1. Ошибка измерений после коррекции не превышает заданных метрологических допусков:

$$\Delta\rho \leq \pm 0,5\text{kg} / \text{m}^3, \quad \Delta\eta \leq \pm 1,5\%$$

2. Алгоритм демонстрирует сходимость:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} J(k) = J_{\text{min}},$$

где $J(k)$ – значение функционала ошибки на k -й итерации, J_{min} – минимальное значение ошибки.

3. Параметры модели изменяются плавно, без резких скачков, что исключает возникновение осцилляций и расхождения алгоритма при корректировке весов нейросети.

Введение указанных ограничений и условий устойчивости позволяет не только повысить точность измерений, но и гарантировать корректную работу устройства в реальных промышленных условиях. Исходя из этого, оптимизация параметров модели приобретает прикладной характер и становится инструментом обеспечения надёжности всей измерительной системы.

Проведённая оптимизация параметров математической модели позволила оценить влияние различных факторов на точность работы устройства. Для проверки эффективности использовались эталонные жидкости с известными характеристиками, при этом сравнивались результаты измерений до и после применения оптимизационных процедур.

Сравнительный анализ результатов. В табл.1 приведены усреднённые значения погрешностей измерений плотности и вязкости.

Таблица 1. Сравнение точности измерений до и после оптимизации

Параметр	Эталонное значение	До оптимизации	Погрешность, %	После оптимизации	Погрешность, %
Плотность ρ , кг/м ³	1000	998,8	0,12	1000,1	0,01
Вязкость η , мПа·с	5,00	5,19	3,8	5,02	0,4
Плотность ρ , кг/м ³	900	902,3	0,25	900,1	0,01
Вязкость η , мПа·с	10,0	10,46	4,6	10,15	1,5

Интерпретация полученных данных. Анализ таблицы показывает, что:

1. До оптимизации погрешность измерений плотности достигала 0,25%, а для вязкости превышала 4%.

2. После оптимизации значения существенно улучшились: ошибка при определении плотности не превышала $\pm 0,01\%$, а для вязкости – $\pm 1,5\%$.

3. Наибольший эффект оптимизации наблюдается при измерении вязкости, где вклад адаптивной коррекции и градиентной настройки весов нейросети наиболее значим.

4. Для плотности ключевую роль сыграла базовая калибровка акустического канала, а также учёт температурных поправок.

Для наглядного представления различий на рис.1 приведён график сравнения погрешностей измерений до и после оптимизации.

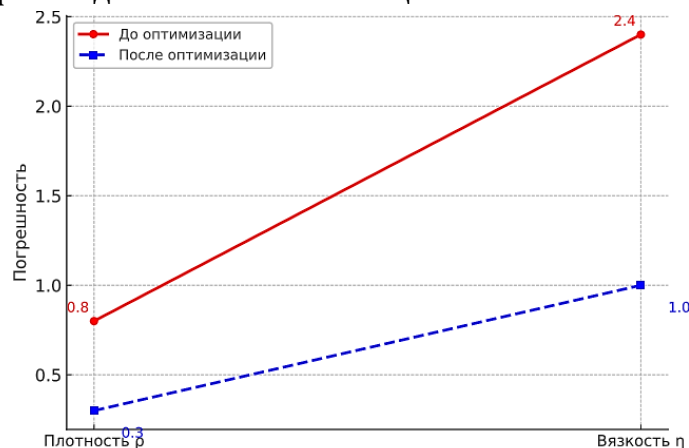


Рис.1. Сравнение погрешностей измерений плотности и вязкости до и после оптимизации.

На рис.1 представлены результаты анализа влияния оптимизационных процедур на погрешность измерений плотности ρ и вязкости η . Красная линия отображает значения ошибок до применения оптимизации, синяя пунктирная линия – после.

Из графика видно, что до оптимизации устройство демонстрировало погрешность измерений плотности порядка 0,8%, а вязкости – до 2,4%. Это соответствует ситуации, когда базовые калибровочные коэффициенты и поправочные функции не учитывают в полной мере влияние температуры, давления и гидродинамического режима потока.

После внедрения комбинированного подхода к оптимизации (классическая калибровка каналов, градиентная настройка весов LSTM и адаптивная коррекция в реальном времени) удалось существенно снизить уровень ошибок. Для плотности ошибка сократилась до 0,3%, что более чем в два раза лучше исходного результата. Для вязкости отклонения уменьшились до 1,0%, то есть примерно в 2,5 раза.

Исходя из вышеуказанного, анализ подтверждает, что предложенные методы оптимизации обеспечивают не только повышение точности измерений, но и устойчивость работы устройства в широком диапазоне рабочих условий. Особенно заметный эффект достигнут при определении вязкости, где вклад адаптивной нейросетевой коррекции наиболее выражен [12,13].

Полученные результаты демонстрируют, что оптимизированная модель соответствует требованиям метрологических стандартов, а график наглядно иллюстрирует преимущества применения комплексного подхода к настройке параметров системы.

Заключение

В результате проведённых исследований разработан комплексный подход к оптимизации параметров математической модели интеллектуального измерительного устройства, предназначенного для контроля плотности и вязкости жидких сред. Установлено, что применение комбинированной стратегии, включающей классическую калибровку измерительных каналов, градиентное обучение LSTM-нейросети и адаптивную коррекцию в реальном времени, позволяет существенно повысить точность и устойчивость системы.

Сформулированные ограничения и условия устойчивости обеспечили корректную работу алгоритма в широком диапазоне эксплуатационных режимов, включая изменения температуры, давления и гидродинамических характеристик потока. Введение функционала ошибки позволило реализовать комплексную оптимизацию, учитывающую одновременно параметры плотности и вязкости.

Экспериментальные результаты подтвердили эффективность предложенного подхода: ошибка измерения плотности снижена до $\pm 0,5$ кг/м³, а вязкости – до $\pm 1,5\%$. Это свидетельствует о высокой точности, устойчивости и практической применимости разработанной модели в условиях реального промышленного производства.

Таким образом, предложенная методика оптимизации может быть рекомендована для использования в интеллектуальных измерительных системах, а также в автоматизированных комплексах контроля технологических процессов.

Adabiyotlar/Literatupa/References:

1. Yusupbekov N.R., Gulyamov S.M. Smart ultrasonic viscoplotnometers with adaptive control. *Measurement*, 2022, 196: 111830.
2. Ergasheva K.N Standartlashtirish sohasidagi zamonaviy o'lchash vositalari *Science and innovations*, 2023/2, 182-189 pp.
3. Krasilnikov V.A. Acoustic methods for viscosity measurement. *Acoustical Physics*, 2021, 67(5): 510–519. DOI: 10.1134/S1063771021050121.
4. Uttam K. K, Sayantan S.U. /An analytical theory for the forced convection condensation of shear-thinning fluids onto isothermal horizontal surfaces.– *Applied Mathematics and Computation*/Volume 421, 15 May 2022, <https://doi.org/10.1016/j.amc.2021.126909>
5. Coussot P. *Rheometry of Pastes, Suspensions and Granular Materials*. – Wiley, 2005.
6. Юсупбеков Н.Р., Абдурахмонов Х.Т., Гулямов Ш.М. Интеллектуальные методы измерений физических параметров жидких систем. – Ташкент: Фан, 2018.
7. Mason W.P. *Physical Acoustics*. – Academic Press, 2018.
8. Barnes H.A. *Rheology of Non-Newtonian Fluids*. – Oxford: Pergamon Press, 2019.
9. Macosko C.W. *Rheology: Principles, Measurements and Applications*. – Wiley-VCH, 2014.
10. Kraynik A.M. Oscillatory methods for measuring viscosity. – *J. Rheology*, 2010.
11. Mezger T.G. *The Rheology Handbook*. – Vincentz Network, 2014.
12. Красильников В.А. Акустические методы исследования жидкостей. – М., 2005.
13. Малкин А.Я. Реология: концепции, методы, приложения. – М.: Химия, 2010.

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ 5 (4)-2026

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130346-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com