ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 8

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 8

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ГРАНУЛЯЦИИ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Джураев Хайрулло Файзиевич
Бухарский государственный технический университет профессор, Узбекистан, г. Бухара
E-mail: djuraev_xf@mail.ru
Курбанов Жавлон Шерзодович
Магистрант, кафедра Информационно-коммуникационных систем управления технологическими процессами, Бухарский государственный технический университет, Узбекистан, г. Бухара
E-mail: zerokurbanov03@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается процесс грануляции калийных удобрений как один из ключевых этапов производства минеральных удобрений. Целью исследования является повышение эффективности данного процесса за счёт внедрения автоматизированной системы управления. Проведен анализ влияния основных технологических параметров, таких как влажность, температура и скорость вращения гранулятора, на качество конечного продукта. Разработана математическая модель процесса и предложена система автоматического регулирования. Результаты исследования показали, что автоматизация позволяет повысить однородность гранул до 90–95%, снизить энергозатраты на 10–12% и уменьшить производственные потери до 7–8%. Полученные результаты могут быть использованы для модернизации химических производств.

Ключевые слова: калийные удобрения, грануляция, автоматизация, управление процессами, ПИД-регулятор, энергоэффективность, оптимизация производства.

Abstract. The article considers the granulation process of potassium fertilizers as a key stage of mineral fertilizer production. The aim is to improve process efficiency through automation. The influence of technological parameters such as humidity, temperature, and rotation speed is analyzed. A mathematical model and control system are proposed. The results show improved granule uniformity up to 90–95%, reduced energy consumption by 10–12%, and decreased losses to 7–8%.

Keywords: potassium fertilizers, granulation, automation, process control, PID controller, energy efficiency, production optimization.

Annotatsiya. Maqolada kaliyli o‘g‘itlarni granulatsiya qilish jarayoni mineral o‘g‘itlar ishlab chiqarishning muhim bosqichi sifatida ko‘rib chiqilgan. Jarayon samaradorligini avtomatlashtirish orqali oshirish maqsad qilingan. Namlik,

harorat va aylanish tezligi kabi texnologik parametrlarning ta’siri tahlil qilingan. Matematik model va boshqaruv tizimi taklif etilgan. Natijalar granulalarning bir xilligini 90–95% gacha yaxshilash, energiya sarfini 10–12% ga kamaytirish hamda yo‘qotishlarni 7–8% gacha qisqartirish imkonini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: kaliyli o‘g‘itlar, granulyatsiya, avtomatlashtirish, jarayonlarni boshqarish, PID-regulyatori, energiya samaradorligi, ishlab chiqarishni optimallashtirish.

ВВЕДЕНИЕ.

В современных условиях развитие сельского хозяйства напрямую зависит от эффективности использования минеральных удобрений. Калийные удобрения играют важную роль в повышении урожайности и устойчивости растений [1, с. 25]. Одним из ключевых этапов их производства является грануляция, обеспечивающая удобство транспортировки, хранения и применения продукции. Однако нестабильность технологических параметров приводит к ухудшению качества гранул и увеличению производственных затрат.

В связи с этим актуальной задачей является оптимизация процесса грануляции на основе автоматического управления. В последние годы вопросы повышения эффективности производства минеральных удобрений приобретают особую актуальность в условиях роста потребности сельского хозяйства в качественной и доступной продукции. Одним из перспективных направлений развития химической промышленности является внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами, позволяющих повысить стабильность работы оборудования и снизить производственные затраты. В связи с этим исследование процессов грануляции и разработка методов их оптимизации представляют практический и научный интерес для современных промышленных предприятий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В работе использованы методы анализа технологических процессов, математического моделирования и статистической обработки данных. Основные параметры процесса являются: влажность сырья (8–14%); температура (70–110°C); скорость вращения (10–25 об/мин) и угол наклона гранулятора.

Качество грануляции определяется зависимостью параметров процесса, которая может быть представлена функцией:

$$Q = f(W, T, n) \quad (1)$$

Для оценки энергоэффективности применялась формула:

ISSN 3030-3907

$$E = PGE \ = \backslash frac\{P\}\{G\}\mathrm{E} = \mathrm{GP} \qquad (2)$$

где P — мощность оборудования, G — производительность [2, с. 41].

Для исследования процесса грануляции использовались методы сравнительного анализа и экспериментального моделирования технологических режимов работы гранулятора. Контроль параметров процесса осуществлялся с использованием датчиков температуры и влажности, а обработка экспериментальных данных проводилась с применением методов статистического анализа. Для повышения точности регулирования параметров была рассмотрена возможность применения ПИД-регулятора в автоматизированной системе управления.

Дополнительно в процессе исследования проводился анализ влияния внешних факторов на стабильность грануляции, включая изменение свойств исходного сырья и колебания температурного режима. Для повышения точности регулирования применялись методы автоматического контроля технологических параметров с использованием датчиков температуры и влажности. Полученные экспериментальные данные обрабатывались с применением методов статистического анализа, что позволило определить оптимальные режимы работы грануляционного оборудования. Также было установлено, что автоматизация процесса грануляции позволяет повысить эффективность использования энергетических ресурсов и снизить уровень производственных потерь. В ходе исследования выявлено, что поддержание стабильных технологических параметров способствует уменьшению количества некондиционной продукции и повышению общей производительности оборудования. Полученные результаты подтверждают перспективность внедрения современных систем автоматического управления на предприятиях химической промышленности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ. Проведённый анализ показал, что качество грануляции напрямую зависит от стабильности технологических параметров. Установлено, что, при влажности выше 14% происходит слипание гранул; оптимальная температура процесса составляет 90–100°C; скорость вращения 15–20 об/мин обеспечивает равномерное формирование гранул.

Для повышения стабильности процесса предложена система автоматического управления на основе ПИД-регулятора:

$$u(t) = Kpe(t) + Ki\int e(t)dt + Kdde(t)dtu(t)$$
$$= K_p\, e(t) \ + \ K_i \backslash int\, e(t)\, dt \ + \ K_d \backslash frac\{de(t)\}\{dt\}u(t)$$
$$= Kp\, e(t) + Ki \int e(t)dt + Kd\ dtde(t)$$

ISSN 3030-3907

Внедрение системы позволило получить следующие результаты:однородность гранул увеличилась с 70–75% до 90–95%,энергозатраты снизились на 10–12% и производственные потери уменьшились до 7–8%.

Полученные данные подтверждают эффективность применения автоматического управления процесса грануляции [3, с. 18]. Также, дополнительно установлено, что применение автоматизированной системы управления положительно влияет на стабильность работы оборудования. При использовании ПИД-регулятора уменьшается вероятность резких колебаний технологических параметров, что способствует увеличению срока службы гранулятора и снижению затрат на техническое обслуживание. Кроме того, автоматизация процесса позволяет оперативно реагировать на изменения характеристик сырья и поддерживать стабильное качество готовой продукции даже при изменении производственной нагрузки (Рис.1). Дополнительно результаты исследования показали, что внедрение автоматизированной системы управления способствует повышению устойчивости технологического процесса при изменении производственной нагрузки. Установлено, что применение ПИД-регулятора позволяет сократить время стабилизации параметров процесса и уменьшить отклонения температуры и влажности от заданных значений. Это обеспечивает более равномерное формирование гранул, повышение качества готовой продукции и снижение вероятности возникновения аварийных режимов работы оборудования.

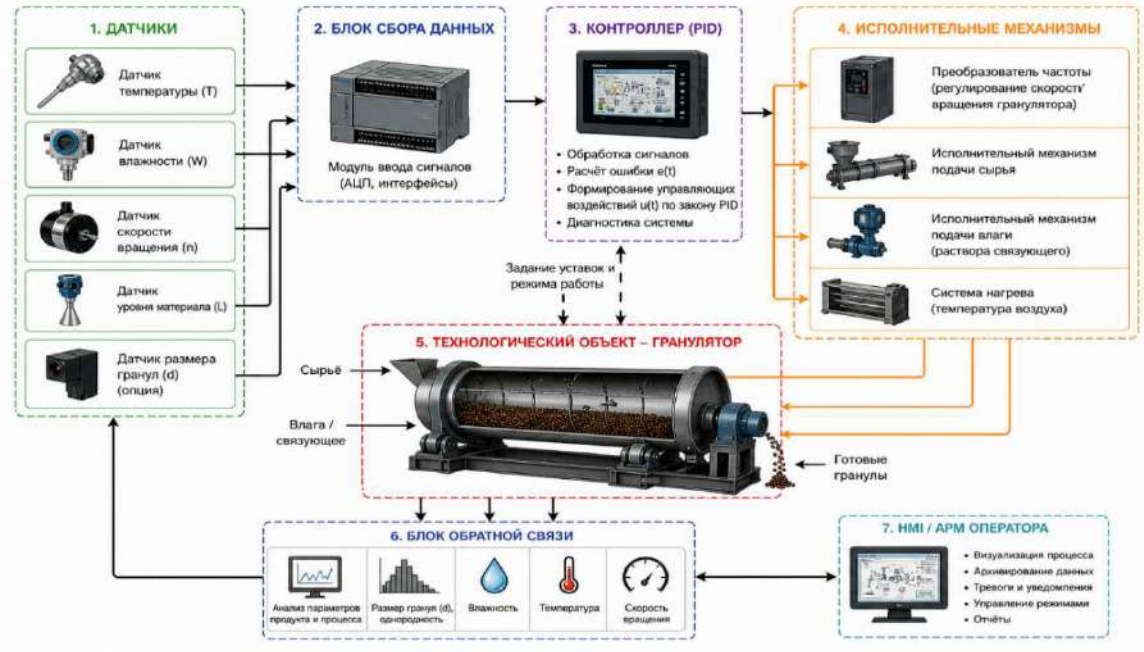


Рисунок 1. Структурная схема автоматизированной системы управления процессом грануляции калийных удобрений

ISSN 3030-3907

Дополнительно был проведён анализ устойчивости процесса грануляции при изменении входных параметров. Установлено, что при ручном управлении наблюдаются значительные колебания температуры и влажности, что приводит к нестабильности качества гранул и работы гранулятора. В частности, отклонения температуры на ±10°C вызывают снижение прочности гранул до 15% и увеличение доли некондиционной продукции.

В условиях автоматизированного управления данные отклонения были снижены до ±2–3°C, что обеспечило более стабильный режим работы оборудования. Это позволило повысить воспроизводимость технологического процесса и уменьшить влияние человеческого фактора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В результате проведённого исследования установлено, что оптимизация процесса грануляции калийных удобрений возможна за счёт внедрения автоматизированной системы управления. Предложенная система обеспечивает стабильность технологических параметров, повышение качества продукции и снижение энергозатрат. Результаты исследования могут быть использованы на предприятиях химической промышленности для повышения эффективности производства. Ряд проведённых исследований показывает, что применение автоматизированного управления позволяет повысить однородность гранул до 90–95%, снизить энергозатраты на 10–12% и уменьшить производственные потери до 7–8%. Дополнительно установлено сокращение времени выхода на установившийся режим и повышение устойчивости технологического процесса.

Кроме того, внедрение автоматизированных систем управления открывает возможности для дальнейшей цифровизации химических производств и повышения уровня промышленной безопасности. Использование современных методов контроля и регулирования технологических параметров позволяет обеспечить более стабильную работу оборудования, повысить качество выпускаемой продукции и сократить влияние человеческого фактора на производственный процесс. Перспективным направлением дальнейших исследований является интеграция интеллектуальных систем мониторинга и элементов искусственного интеллекта в процессы грануляции минеральных удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов А.А. Технология минеральных удобрений. М.: Химия, 2019. 320 с.

ISSN 3030-3907

2. Петров В.В. Автоматизация технологических процессов. СПб.: Профессия, 2021. 280 с.
3. Степанов П.Н. Оптимизация производственных процессов. М.: Инфра-М, 2017. 265 с.
4. Хортон Дж. Разработка промышленных систем управления. М.: Техносфера, 2023. 340 с.
5. Smith J. Process Control Engineering. New York: Springer, 2020. 410 p.
6. Сидоров И.В. Современные методы автоматизации химических производств. М.: Химия, 2022. 298 с.
7. Кузнецов А.П. Технологические процессы грануляции минеральных удобрений. СПб.: Профессия, 2021. 276 с.
8. Brown T. Industrial Automation and Process Optimization. London: Engineering Press, 2019. 355 p.
9. Lee S. PID Control Systems in Chemical Engineering. New York: Springer, 2021. 290 p.
10. Абдуллаев Р.М. Энергоэффективность технологических процессов в химической промышленности. Ташкент: Фан, 2020. 243 с.

ISSN 3030-3907