

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

**Современные достижения
научно-технического прогресса**

№4(4), Сентябрь 2022

Peer-reviewed scientific journal
«Modern achievements scientific and technological progress»
September 2022, №4(4)



LJournal

Научно-издательский центр

Т33

Рецензируемый научный журнал «Современные достижения научно-технического прогресса» №4(4), Сентябрь 2022 - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2022 - 48 с.

Peer-reviewed scientific journal «Modern achievements scientific and technological progress» September 2022, №4(4), - Scientific center "LJournal", Samara, 2022 - 48 pages.

doi журнала: 10.18411/sdntp

doi номера: 10.18411/sdntp-09-2022

Современные достижения научно-технического прогресса - это рецензируемый научный журнал, в который включены результаты научных исследований из самых важных областей научных знаний.

Периодичность выхода журнала – 6 раз в год. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в журнале, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» - <https://ljournal.ru>

© Научный центр «LJournal»
© Университет дополнительного
профессионального образования

© Scientific center "LJournal"
© The university of additional
professional education

УДК 001.1
ББК 60

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Чернопятов Александр Михайлович
Кандидат экономических наук, Профессор

Ильященко Дмитрий Павлович
Кандидат технических наук

Андреева Ольга Николаевна
Кандидат филологических наук, Доцент

Попова Наталья Владимировна
Кандидат педагогических наук, Доцент

Вражнов Алексей Сергеевич
Кандидат юридических наук

Чебыкина Ольга Альбертовна
Кандидат психологических наук

Мирошин Дмитрий Григорьевич
Кандидат педагогических наук, Доцент

Овчинников Евгений Леонтьевич
Кандидат биологических наук

Пузыня Татьяна Алексеевна
Кандидат экономических наук, Доцент

Байрамова Айгюн Сеймур кызы
Доктор философии по техническим наукам

Теплухин Владимир Клавдиевич
Доктор технических наук, Профессор

Романова Ирина Валентиновна
Кандидат экономических наук, Доцент

Гуткевич Елена Владимировна
Доктор медицинских наук

Царгородцев Евгений Леонидович
Кандидат технических наук, доцент

Дробот Павел Николаевич
Кандидат физико-математических наук, доцент

Абасова Самира Гусейн кызы
Кандидат экономических наук, Доцент

Ханбабаева Ольга Евгеньевна
Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

Ерыгина Анна Владимировна
Кандидат экономических наук, Доцент

Петраш Елена Вадимовна
Кандидат культурологии

Ефременко Евгений Сергеевич
Кандидат медицинских наук, Доцент

Жичкин Кирилл Александрович
Кандидат экономических наук, Доцент

Ларионов Максим Викторович
Доктор биологических наук, Доцент

Лыгин Сергей Александрович
Кандидат химических наук, Доцент

Шамутдинов Айдар Харисович
Кандидат технических наук, Профессор

Хачатурова Карине Робертовна
Кандидат педагогических наук

Григорьев Михаил Федосеевич
Кандидат сельскохозяйственных наук

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I. МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ	5
Ким А.С. Паратонзиллярные абсцессы у детей при безангинной форме хронического тонзиллита	5
РАЗДЕЛ II. СТРОИТЕЛЬСТВО	8
Соколов Н.С. Метод исправления кренов зданий и сооружений повышенными на них нагрузками на фундаменты.....	8
РАЗДЕЛ III. ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ	16
Корнюшко В.Ф., Николаева О.М., Панов А.В., Бирев М.Э. Цифровизация экспериментальных исследований при синтезе готовых лекарственных форм на микрореакторе проточного типа.....	16
РАЗДЕЛ IV. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	27
Кокиева Г.Е. Создание высокоэффективного и экологически чистого агропромышленного предприятия для производства зеленных культур	27
РАЗДЕЛ V. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ	44
Максимова И.Н. Оценка степени воздействия точности восприятия распоряжений на управление транспортным технологическим процессом.....	44

РАЗДЕЛ I. МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Ким А.С.

Паратонзиллярные абсцессы у детей при безангинной форме хронического тонзиллита

Ростовский государственный медицинский университет

(Россия, Ростов-на-Дону)

doi: 10.18411/sdntp-09-2022-01

Аннотация

В последние годы отмечается заметный рост числа паратонзиллярных абсцессов не только у взрослых, но и у детей. Целью работы было изучение частоты ПА при безангинной форме хронического тонзиллита у детей. Мы наблюдали 116 детей с хроническим тонзиллитом, перенесших двустороннюю тонзиллэктомию в период с 30.09. 2017 по 09.08.2020 года. Паратонзиллярный абсцесс наблюдался у 19% детей, подвергнутых двусторонней тонзиллэктомии, причем у 8 из 22 больных (36%) отсутствовали указания анамнеза на перенесенный острый тонзиллит, хотя гистологически в удаленных миндалинах были обнаружены признаки хронического воспаления, что позволяет характеризовать имеющуюся патологию как безангинную форму хронического тонзиллита.

Ключевые слова: хронический тонзиллит, паратонзиллярный абсцесс, дети.

Abstract

In recent years, there has been a marked increase in the number of peritonsillar abscesses not only in adults, but also in children. The aim of the work was to study the frequency of PA in non-anginous form of chronic tonsillitis in children. We observed 116 children with chronic tonsillitis who underwent tonsillectomy in the period from 30.09. 2017 to 08.09.2020. A peritonsillar abscess was observed in 19% of children subjected to tonsillectomy, and in 8 of 22 patients (36%) there were no indications of anamnesis of acute tonsillitis, although histological signs of chronic inflammation were found in the removed tonsils, which makes it possible to characterize the existing pathology as a nonanginal form of chronic tonsillitis.

Keywords: chronic tonsillitis, peritonsillar abscess, children.

В последние годы отмечается заметный рост числа паратонзиллярных абсцессов (ПТА) не только у взрослых, но и у детей [1, 2]. По данным Ростовской ЛОР клиники в период с 2002 по 2012 годы заболеваемость ПТА у детей и подростков выросла с 14,9 до 34,4 на 100000 населения [3], что, вероятно, было связано с более консервативным подходом, устоявшимся в те годы на территории нашей страны [4]. Все чаще появляются сообщения о наблюдении ПТА у детей младше 3 лет, что в совокупности с тенденцией к увеличению тяжести постстрептококковых осложнений [5, 6, 7] не может не настораживать.

Особую проблему представляют ПТА при безангинной форме хронического тонзиллита (ХТ), поскольку эту группу больных трудно учесть при диспансеризации. По данным Г.С. Мальцевой [8] из 100 больных, госпитализированных по поводу ПТА, только у 42% имелись указания на перенесенные ранее ангины, у остальных 58% абсцессы возникли на фоне безангинной формы хронического тонзиллита. С.Г. Арзамазов, И.В. Иванец [9] диагностировали безангинную форму хронического тонзиллита у 141 из 236 (42,2%) больных с ПТА. Сведений о распространенности ПТА при безангинной форме хронического тонзиллита у детей в доступной литературе мы не обнаружили.

Нет единого мнения и по поводу патогенеза ПТА. Наиболее распространена тонзиллогенная теория формирования ПТА [10]. Однако ряд авторов [11, 12] не исключают патогенетического участия малых слюнных желез Вебера, расположенных в области верхнего полюса небных миндалин.

Целью исследования было изучение частоты ПА при безангинной форме хронического тонзиллита у детей.

Пациенты и методы исследования.

Мы наблюдали 116 детей с хроническим тонзиллитом, перенесших двустороннюю тонзиллэктомию в период с 30.09. 2017 по 09.08.2020 года. Всем больным хирургическое вмешательство произведено под общим обезболиванием. Удаленные миндалины подвергнуты патоморфологическому исследованию.

Результаты исследования.

Распределение пациентов по полу и возрасту было следующим: 68 мальчиков и 48 девочек в возрасте от 5 до 14 лет, самую многочисленную подгруппу составили дети в возрасте 10 -11 лет - 36 больных (31%).

У 22 из 116 детей (19%) в анамнезе (14 пациентов) или при госпитализации в порядке неотложной помощи (8 пациентов) был выявлен ПТА, причем у 18 детей он был первичным, а у 4 - повторным. В эту группу вошли 12 мальчиков и 10 девочек в возрасте от 6 до 14 лет, преобладания какой-либо возрастной подгруппы не наблюдалось. 8 больным была произведена абсцессотонзиллэктомия, 14 детей были оперированы в «холодном» периоде, через 3 – 14 недель после вскрытия ПТА.

По данным анамнеза у 2 детей острый тонзиллит (ангина) наблюдался 1 раз в год, у 6 детей – 3-4 раза в год, у 6 детей – 5-6 раз в год. У 8 из 22 детей (36%) указаний на перенесенный острый тонзиллит (ангину) в анамнезе не было ни в амбулаторных картах, ни при подробном опросе родителей, хотя эти дети несколько раз в год болели ОРВИ.

У 6 из 22 больных с ПА в прошлом были хирургические вмешательства на лимфокольце глотки: у 4 – аденотомия, у 2 – аденотонзиллотомия, интервал между первичным вмешательством и паратонзиллярным абсцессом составил от 2 до 8 лет.

Послеоперационный период у всех детей протекал без осложнений, дети были выписаны на 5 сутки после операции.

При гистологическом исследовании удаленных миндалин отмечено наличие гомогенного содержимого с большим количеством нейтрофилов в просвете лакун, инфильтрации их эпителиального покрова клетками лимфоидно-лейкоцитарного ряда, что в некоторых участках делает нечеткой границу между эпителием и подлежащей лимфоидной тканью. Лимфоидная ткань небных миндалин характеризуется наличием крупных фолликулов с большим количеством макрофагов в зародышевом центре на фоне окрашенной цитоплазмы лимфоидных клеток, что можно объяснить бактериальной обсемененностью лакун и нарушением барьерной функции эпителиального пласта. Наряду с крупными, встречаются лимфоидные фолликулы среднего и мелкого размера с единичными макрофагами в зародышевых центрах. В посткапиллярных венулах присутствует высокий активный эндотелий, что свидетельствует о повышении их активности и усилении реакций клеточного иммунитета [13]. Однако преобладающими изменениями являются проявления нарушения барьерной функции эпителия лакун и очаговая гиперплазия фолликулярной лимфоидной ткани, связанные с высокой местной бактериальной нагрузкой.

Обсуждение результатов.

Согласно нашим данным, паратонзиллярный абсцесс наблюдался у 19% детей, подвергнутых двусторонней тонзиллэктомии, причем у 8 из 22 больных (36%) отсутствовали указания анамнеза на перенесенный острый тонзиллит, хотя гистологически в удаленных миндалинах были обнаружены признаки хронического воспаления, что позволяет характеризовать имеющуюся патологию как безангинную форму хронического тонзиллита.

В отечественной литературе накоплено достаточно сведений, которые могут объяснить формирование ПТА при безангинной форме хронического тонзиллита, без предшествующего острого тонзиллита.

При электронно-микроскопическом исследовании удаленных небных миндалин подтверждена возможность внутриклеточной персистенции кокков [13, 14], причем бактерии обнаружены не только внутри эпителиоцитов, но и под эпителиальной выстилкой в

межклеточном пространстве соединительной ткани, а также внутриклеточно в фибробластах. Живые, функционально активные микроорганизмы были выявлены и в патологически измененном эндотелии сосудов миндалины у больных с токсико-аллергической формой хронического тонзиллита [15, 16].

Присутствие при хроническом тонзиллите живых и размножающихся бактерий внутри кровеносных и лимфатических сосудов небных миндалин объясняет возможный механизм формирования паратонзиллярного абсцесса при безангинной форме хронического тонзиллита.

Вывод. Безангинная форма хронического тонзиллита у детей может привести к формированию паратонзиллярного абсцесса.

1. Носуля Е.В. Паратонзиллит // Вестник оториноларингологии. 2013. № 3. С. 65-70.
2. Власова Т.М., Бойко Н.В. Рост числа постстрептококковых осложнений у больных хроническим тонзиллитом // Российская оториноларингология, 2015. № S1. С. 45-47.
3. Бойко Н.В., Локшина Л.С., Сорока Г.Г., Бриж Ю.В., Сулина Н.Ю. Изменение подходов к лечению хронического тонзиллита в детском возрасте по материалам Ростовской ЛОР клиники // Вестник оторинолар. 2012. № 5. С. 226.
4. Бойко Н.В., Гукасян Е.Л., Быкова В.В. Статистика хирургических вмешательств при хроническом тонзиллите // Вестник оториноларингологии 2008. № 5. С. 234.
5. Свистушкин В.М., Мустафаев Д.М. Паратонзиллит, тонзиллогенный сепсис: особенности патогенеза, клиническая картина и современные представления о лечении // Вестник оториноларингологии. 2013. № 3. С. 20-34.
6. Novis S.J., Pritchett C.V., Thorne M.C., Sun G.H. Pediatric deep space neck infections in U.S. children, 2000-2009 // Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2014. V. 78. № 5. С. 832-836.
7. Бойко Н.В., Ким А.С., Стагниева И.В., Лодочкина О.Е., Филоненко Н.А. Значение показателей антирептолизина О при определении показаний к тонзилэктомии у детей // Вестник оториноларингологии. 2018. Т. 83. № 4. С. 73-77.
8. Мальцева Г.С. Хронический тонзиллит: актуальные вопросы (клиническая лекция) // Consilium medicum. 2011. Т. 13. № 11. С. 32-38.
9. Арзамазов С.Г., Иванец И.В. Паратонзиллярный абсцесс при безангинной форме хронического тонзиллита // Вестник оториноларингологии. 2013. № 3. С. 25-28.
10. Blair A.B., Booth R., Bfugh R. A unifying theory of tonsillitis, intratonsillar abscess and peritonsillar abscess // American Journal of Otolaryngology-Head and Neck Medicine and Surgery. 2015. V. 36 №4. P. 517-520.
11. El-Saied S., Puterman M., Kaplan D.M., Cohen-Lahav M., Joshua B.Z. Involvement of minor salivary glands in the pathogenesis of peritonsillar abscess // Otolaryngol Head Neck Surg. 2012. V. 147. № 3. P. 472-474.
12. Kaltiainen E., Wikstén J., Aaltonen L.-M., Ilmarinen T., Hagström J., Blomgren K. The presence of minor salivary glands in the peritonsillar space // Eur Arch Otorhinolaryngol. 2017. V. 274. № 11. P. 3997-4001.
13. Крюков А.И., Зайратьянц О.В., Царапкин Г.Ю., Ивойлов А.Ю., Кучеров А.Г., Товмасын А.С., Арзамазов С.Г., Панасов С.А. Возрастные особенности сосудистой организации аденоидной ткани // Морфологические ведомости.- 2017.- Том 25.- № 2.- С. 32-36.
14. Ильинская Е.В., Мальцева Г.С. Ультраструктурные особенности миндалин больных хроническим тонзиллитом // Российская оториноларингология. 2008. Т. 36. №5. С. 67-72.
15. Пальчун В.Т. Очаговая инфекция в оториноларингологии. Вестник оторинолар. 2016. Т. 81. № 1. С. 4-7.
16. Пальчун В.Т., Гуров А.В., Гусева О.А. Патогенетические особенности формирования хронической тонзиллярной патологии // Вестник оториноларингологии. 2018. Т. 83. № 2. С. 30-33.

РАЗДЕЛ II. СТРОИТЕЛЬСТВО

Соколов Н.С.^{1,2}

Метод исправления кренов зданий и сооружений повышенными на них нагрузками на фундаменты

¹ООО НПФ «ФОРСТ»

²ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/sdntp-09-2022-02

Аннотация

Основной схемой расчета оснований большемерных фундаментов в настоящее время является схема линейно-деформированного слоя конечной толщины. Расчеты осадок, проведенные по формуле, основанной на этой схеме, до сих пор вполне удовлетворяли практику строительства. Большой опыт эксплуатации и результаты длительных наблюдений за их осадками показывают, что фактические осадки оказались значительно больше расчетных величин, определенных по формуле расчета осадки, основанной на теории этой модели. Материал фактических осадок построенных объектов на большемерных фундаментах при повышенных нагрузках показывает, что кривые осадок состоят из линейного и нелинейного участков. Линейный участок имеет место для среднесжимаемых грунтов для первой половины расчетного среднего давления $P_{II_{mt}}$, т.е. при $P_{II_{mt}} \leq 250 \div 300$ кПа. При $P_{II_{mt}}$ больше этих величин начинается возрастание скорости осадки в процессе роста нагрузки до полной ее расчетной величины. Затем скорость осадки убывает и наступает стадия стабилизации. Линейный участок графика осадки характеризует процесс уплотнения грунтов. Возрастание скоростей осадок на нелинейном участке следует объяснить возрастанием роли горизонтальных перемещений в общей деформации основания. То, что горизонтальные перемещения играют значительную роль в общей осадке сооружения, подтверждается многочисленными исследованиями оснований под резервуарами и насыпями, так и в мелкомасштабных экспериментах. Учет горизонтальных перемещений позволяет максимально приблизить фактические осадки к расчетным.

Ключевые слова: среднее давление, крен, фундаментная плита, осадка, линейно-деформируемый слой конечной толщины.

Abstract

The main scheme for calculating the bases of large-sized foundations at present is the scheme of a linearly deformed layer of finite thickness. Settlement calculations based on this formula have so far satisfactorily met building practice. Extensive operating experience and the results of long-term observations of their settlements show that the actual settlements turned out to be much higher than the calculated values determined by the formula for calculating the settlement based on the theory of this model. The material of actual settlements of constructed objects on large foundations under increased loads shows that the settlement curves consist of linear and non-linear sections. The linear section takes place for moderately compressible soils for the first half of the calculated average pressure $P_{II_{mt}}$, that is at $P_{II_{mt}} \leq 250 \div 300$ kPa. When $P_{II_{mt}}$ is greater than these values, an increase in the rate of settlement begins in the process of increasing the load to its full design value. Then the precipitation rate decreases and the stabilization stage begins. The linear section of the settlement graph characterizes the process of soil compaction. The increase in settlement velocities in the nonlinear section should be explained by the increase in the role of horizontal displacements in the overall deformation of the base. The fact that horizontal movements play a significant role in the overall settlement of the structure is confirmed by numerous studies of the foundations under reservoirs and embankments, as well as in small-scale experiments.

Accounting for horizontal displacements makes it possible to bring the actual precipitation as close as possible to the calculated ones.

Keywords: medium pressure, roll, foundation slab, settlement, linearly deformable layer of finite thickness.

Средняя осадка объектов №№1÷5 на коробчатых фундаментах, составляющая 20 – 60 см не влияет на нормальную эксплуатацию сооружения. Однако при больших осадках неизбежно возникает ее неравномерность. Неравномерность осадок вызвана еще взаимным влиянием друг на друга фундаментов объектов и их пристроев. Для своевременного принятия мер в процессе строительства и эксплуатации с целью сохранения технологического оборудования в вертикальном положении (или же поддержания отклонения вертикальной оси в допустимых пределах), необходимо иметь в наличии результаты высокоточных геодезических наблюдений за осадками фундаментной плиты позволяющих прогнозировать осадки не только в период окончания строительства сооружения, но и на время эксплуатации. В этом отношении логарифмическая формула вида $S=S_0+A_{ln}(1+B_t)$ [1,2] является удачной зависимостью для прогноза осадок во времени до стабилизации деформации основания, где S_0 – осадка за строительный период; А и В определяются по кривым фактических осадок по двум точкам при $S_1>S_0$. Для этого логарифмическое уравнение легко решается, если брать $S_2=2S_1$ с начала отсчета при $S>S_0$. В зависимости от времени начала высокоточных геодезических наблюдений отсчет по инвариантной рейке производится в годах или месяцах.

Пользуясь логарифмической формулой, возможно прогнозирование осадок в течение ограниченного участка времени. При неограниченном увеличении времени значение натурального логарифма стремится к бесконечности. По истечении 3-5 лет следует повторить наблюдения за осадками и откорректировать параметры А и В. В статьях [1,2] приведены результаты мониторинга за осадками коробчатых фундаментов объектов №№1÷4. Данные наблюдения, проведенные за период с 1977 г. по настоящее время, за осадками фундаментных плит объектов с момента прогнозирования показывают на достаточно хорошую сходимость с результатами фактических осадок, при этом расхождение между фактическими и прогнозируемыми осадками составляет около 2%. Ниже в таблице 1 приведены прогнозируемые логарифмические зависимости для этих 4 объектов.

Во многих случаях следует ожидать, что фактическая или прогнозируемая неравномерная осадки окажутся больше допустимой из условия нормальной эксплуатации технологического оборудования. В этом случае крен выправляется или стабилизируется его дальнейший рост при помощи контргрузов, монтируемых со стороны противоположной крену. Так, например, был задан противокрен корпусу оборудования в 2,8 мм на диаметре главного разъема объекта №1 в конце января 1983 г. (рис. 1). При этом направление вектора противокрена $\alpha=160^\circ$. Так же для объекта №2 был задан противокрен строго по оси 2 ($\alpha=180^\circ$), при этом величина противокрена составила 4 мм (рис. 2). Время жесткого закрепления технологического оборудования обоих объектов совпадает со временем придания противокрена. Результаты высокоточных геодезических наблюдений свидетельствуют о правильности установки положений технологического оборудования, которые в настоящее время находятся в пределах допустимой величины отклонения оси объекта от вертикали.

Контргрузы для правильной установки оборудования были смонтированы и на объекте №3 со стороны пристроя (рис. 3). Опять же результаты высокоточных геодезических наблюдений свидетельствуют о стабилизации крена и о правильности положения вертикальных осей обоих объектов.

В настоящее время исследованы в течение длительного времени осадки, крены коробчатых фундаментов объектов №№1÷4 (рис. 1, 2, 3). Прогибы фундаментной плиты объекта №5 (рис. 4) контактные давления под подошвой фундамента, напряжения в бетоне и арматуре фундамента объекта №6 (рис. 5, 6).

Таблица 1

Прогноз фундаментов объектов по логарифмической зависимости $S=S_0+A_{ln}(1+B_t)$.

№ п/п	Наименование объекта наблюдений	Прогнозируемая осадка, S_t			Примечания
		максимальная	минимальная	средняя	
1	Объект №1	$220+103,6 \ln(1+0.11t)$	-	$160+79,4 \ln(1+t/7)$	1. Коэффициенты A и B определяются по фактическим кривым осадкам; 2. Время t – в месяцах.
2	Объект №2	-	-	$190+27,4 \ln(1+0.61t)$	
3	Объект №3	$350+37 \ln(1+0.25t)$	$300+15,2 \ln(1+0.71t)$	$325+20 \ln(1+0.66t)$	
4	Объект №4	$410+25,7 \ln(1+0.53t)$	$370+17,4 \ln(1+0.86t)$	$404+23,4 \ln(1+0.5t)$	

Анализ осадок и кренов показывает, что на графиках отчетливо выделяются два участка – линейный и нелинейный. Линейный участок переходит в нелинейный при среднем давлении на основание $P_{lim} = 250 \div 300$ кПа. Крен фундаментов появляется еще при небольших нагрузках и его величина очень незначительна. С момента, соответствующего переходу графика осадок в нелинейный участок кривая крена тоже меняет линейность, т.е. скорости крена возрастают. С этого же момента меняется направление крена от прибора в противоположную сторону.

Анализ результатов исследования контактных давлений грунта в основании, напряжений в арматуре, деформаций в арматуре, напряжений в бетоне нижней монолитной плиты фундамента объекта №6 (рис. 5, 6, 7) позволяет заключить следующее. Нижняя фундаментная плита из-за воздействия описанных выше эпюр контактных давлений выгнута центральной частью вверх. Это подтверждается тем, что при дальнейших этапах строительства напряжения в арматуре практически не увеличивается. Например, на этапе строительства, когда среднее давление на центральную часть подошвы нижней плиты достигло $P_{lim} = 664$ кПа, напряжения в стержнях арматуры, установленных в пролете плиты, стали существенно меньше $\sigma = 38600$ кПа напряжений, которые возникли ранее при этом же давлении. Аналогичное явление наблюдается при рассмотрении показаний динамометров, установленных в геометрическом центре плиты и на расстоянии 6 м от центра под стеной, то есть заметно снизились и в других арматурных стержнях. Причиной этого явилось интенсивное строительство технологического оборудования. Вследствие пригрузки средней части фундамента выгиб нижней плиты уменьшился. Соответственно стали меньше и напряжения в арматуре плиты.

Измерители деформаций бетона дают картину, согласующуюся с деформацией плиты от действия фактических эпюр контактных давлений грунта и от загрузки гермообъема. При возрастании нагрузки, как деформации, так и напряжения в бетоне не увеличиваются по сравнению с теми параметрами при давлении грунта на центральную часть подошвы плиты, равном $P_{lim} = 430$ кПа, а наоборот, уменьшаются.

Натурные исследования по изучению прогибов нижней плиты коробчатого фундамента объекта №5 (рис. 4) удачно согласовываются с результатами измерений контактных давлений, напряжений в арматуре, деформаций и напряжений в бетоне на объекте №6. Тем самым можно заключить, что из-за больших размеров фундаментной плиты горизонтальные перемещения грунта в центральной части массива грунта под подошвой плиты невозможны. Поэтому эта часть основания работает в условиях одноосной компрессии. Здесь образуется уплотненная зона. Вокруг этой зоны происходят подвижки грунта в горизонтальном направлении за пределы подошвы фундамента, чем и объясняется форма эпюры контактных давлений при значительном давлении.

О том, что горизонтальные перемещения играют существенную роль в общей осадке оснований подтверждают исследования в стендовых условиях с моделями фундаментов, проведенных М.Н. Окуловой и М.Н. Балюрой [3÷6], а также в полигонных и натуральных условиях, проведенных Л.А. Шелест [7]. Наиболее ценные исследования в натуральных

условиях проведены в основаниях для случаев резервуаров и насыпей резервуаров и насыпей.

Анализируя результаты исследований Р. Дар [8] пришел к выводу, о том, что при увеличении нагрузки на основание резервуара наблюдается значительный рост горизонтальных перемещений грунтов.

Исследованиями П.А. Коновалова и Р.А. Усманова [10] также выявлено значительное влияние горизонтальных перемещений грунтов оснований на величину общей осадки моделей и натуральных резервуаров. Величины пределов пропорциональности определенных по графикам "осадки – нагрузка" указывают, что криволинейность графика $S=f(P)$ обуславливается возрастающими величинами горизонтальных перемещений грунтов оснований.

На тесную связь горизонтальных перемещений грунтов с вертикальными осадками указывают графики их взаимной зависимости. Линейная зависимость между ними наблюдается лишь на первых ступенях нагрузки, после чего горизонтальные перемещения начинают резко возрастать. На последних ступенях нагрузки приращение осадки определяется в значительной степени приращениями горизонтальных перемещений. Об этом убедительно свидетельствуют результаты наблюдений за осадками насыпей Cubzak - les - Ponts [11], Каликса [12], Кинг Лина и Тиктона [13].

Нами также получены результаты аналогичные с результатами исследований Р. Дара [8], Белони [9], П.А. Коновалова и Р.А. Усманова [10] и др. Наблюдения за горизонтальными перемещениями в основании одного из объектов показали, что ордината максимального горизонтального перемещения $Y_{max} \approx 4$ см находится примерно на глубине $z \approx 0,2b$. При этом средняя осадка составляет около $S=8$ см. Среднее давление на момент исследований составило $P_{lim}=300$ кПа.

Весь процесс деформации основания происходит за счет преимущественного сжатия верхних слоев основания. Об этом наглядно свидетельствуют результаты наблюдений за послойными деформациями оснований рассмотренных объектов [1, 2], так и большегабаритных фундаментов, и других сооружений. Следовательно, основания фундаментов [1, 2] работают по схеме линейно – деформируемого слоя конечной толщины.

Если имеется пригрузка, препятствующая горизонтальным перемещениям грунта основания, то, ординаты контактных давлений по краю плиты увеличиваются (для всех объектов, кроме объектов №№1 и 2).

Высота уплотненной зоны равна толщине линейно-деформируемого слоя конечной толщины. В связи с вышеизложенным, был рекомендован метод выравнивания кренов фундаментов объектов №№1÷5 с помощью контргрузов (рис. 1, 2, 3).

Для стабилизации роста неравномерной осадки фундамента объекта №1 в ноябре-декабре 1983 г. был уложен срочный пригруз весом 5780 кН на кансоль фундамента с противоположной стороны от направления крена. Для ускорения процесса стабилизации роста крена дополнительно уложены регулируемые пригрузки в секторах А и Б по обе стороны от оси 2 весом около 30000 кН (рис. 1). После этих мероприятий рост крена был приостановлен.

Для уменьшения скорости нарастания крена объекта №2 (рис. 2) были устроены срочный весом 5800 кН а регулируемый весом 51000 кН пригрузки секторах А и Б, благодаря чему рост крена был приостановлен.

В настоящее время осадки фундаментов объектов №№1 и 2 стабилизированы.

Увеличение крена объекта №3 (рис. 3) было также приостановлено устройством пригрузов со стороны машинного отделения: 17600 кН в ноябре 1984 г., 3750 кН в марте 1985 г., 18700 кН в сентябре-октябре 1985 г. На 1999 г. крен составляет 120 мм или $i=0,0018$. Такой же эффект был достигнут на объектах №№4 и 5.

Результаты длительных геодезических наблюдений за осадками фундаментов при повышенных нагрузках подтверждают правильность выбора метода исправления крена.

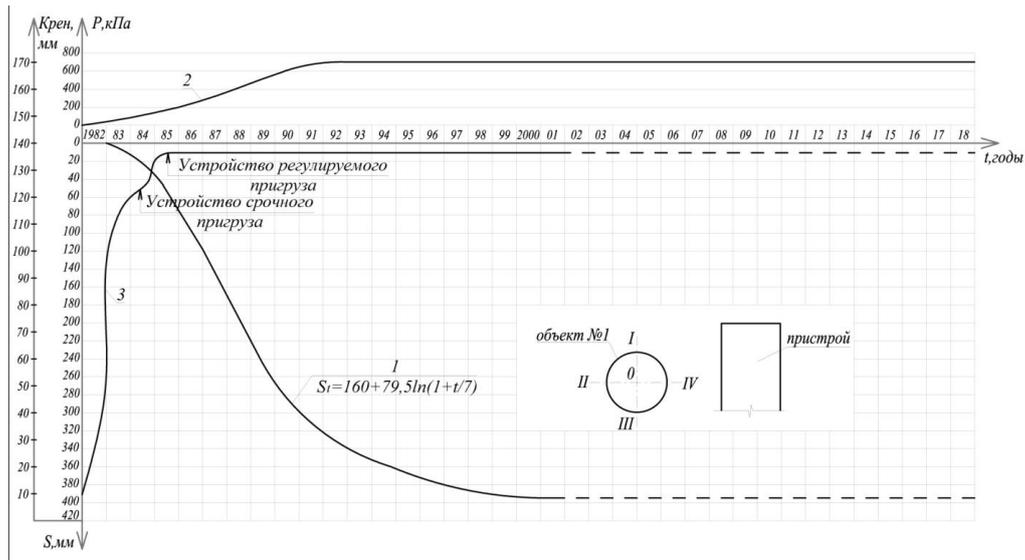


Рисунок 1. Объект №1 – Графики 1 – средней осадки; 2 – роста среднего давления; 3 – результирующего крена.

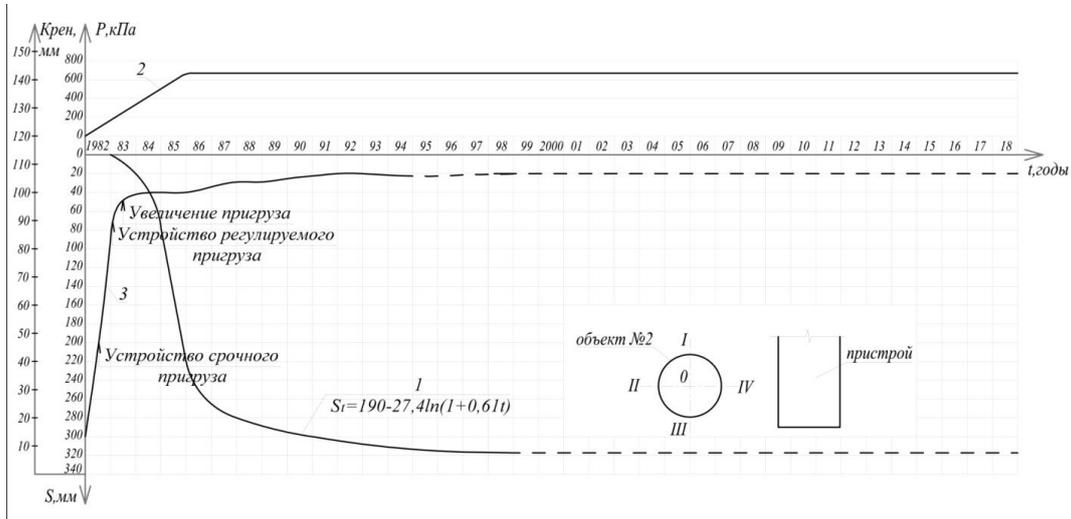


Рисунок 2. Объект №2 – Графики 1 – средней осадки; 2 – роста среднего давления; 3 – результирующего крена.

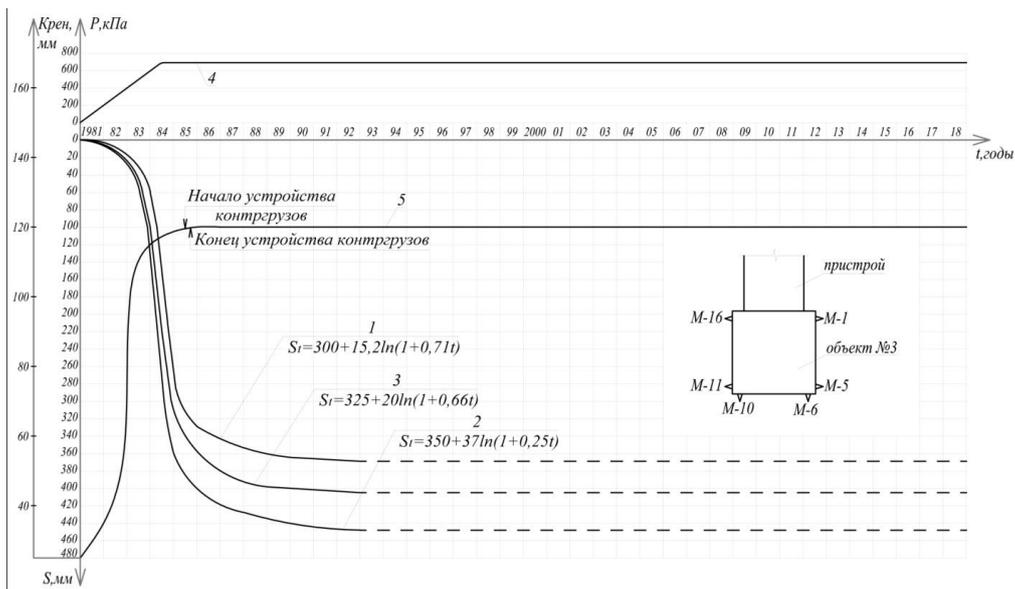


Рисунок 3. Объект №3 – Графики 1 – минимальной осадки; 2 – максимальной осадки; 3 - средней осадки; 4 – роста среднего давления; 5 – результирующего крена.

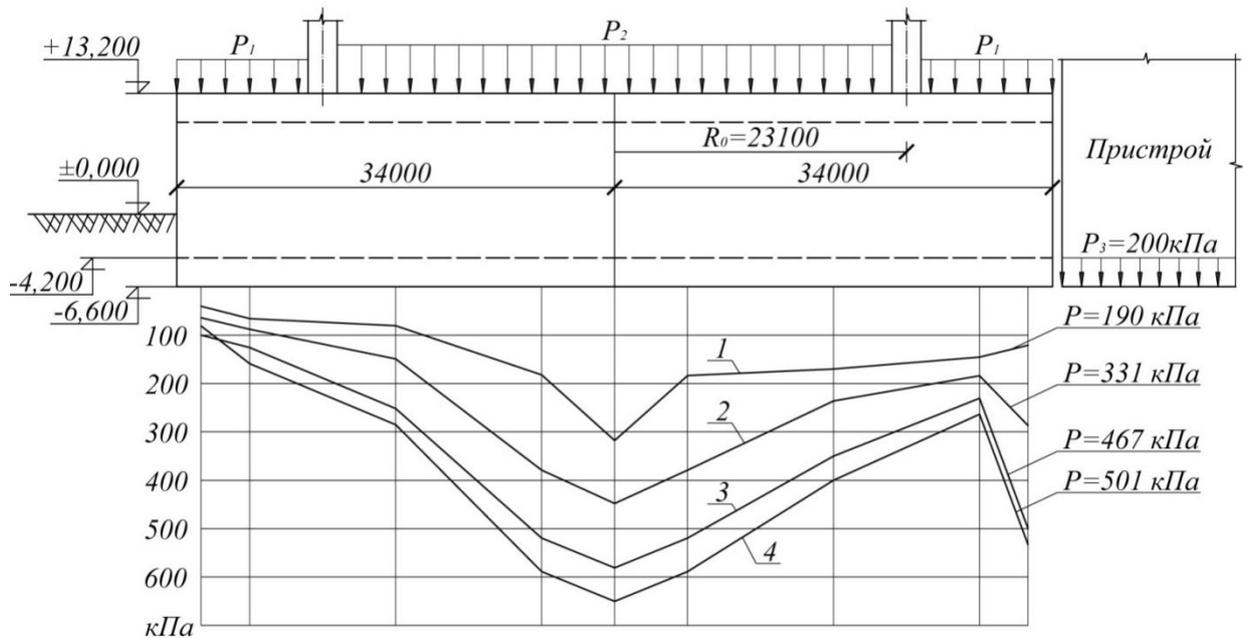


Рисунок 4. Объект №5 – Этюры реактивных давлений при различных средних давлениях.

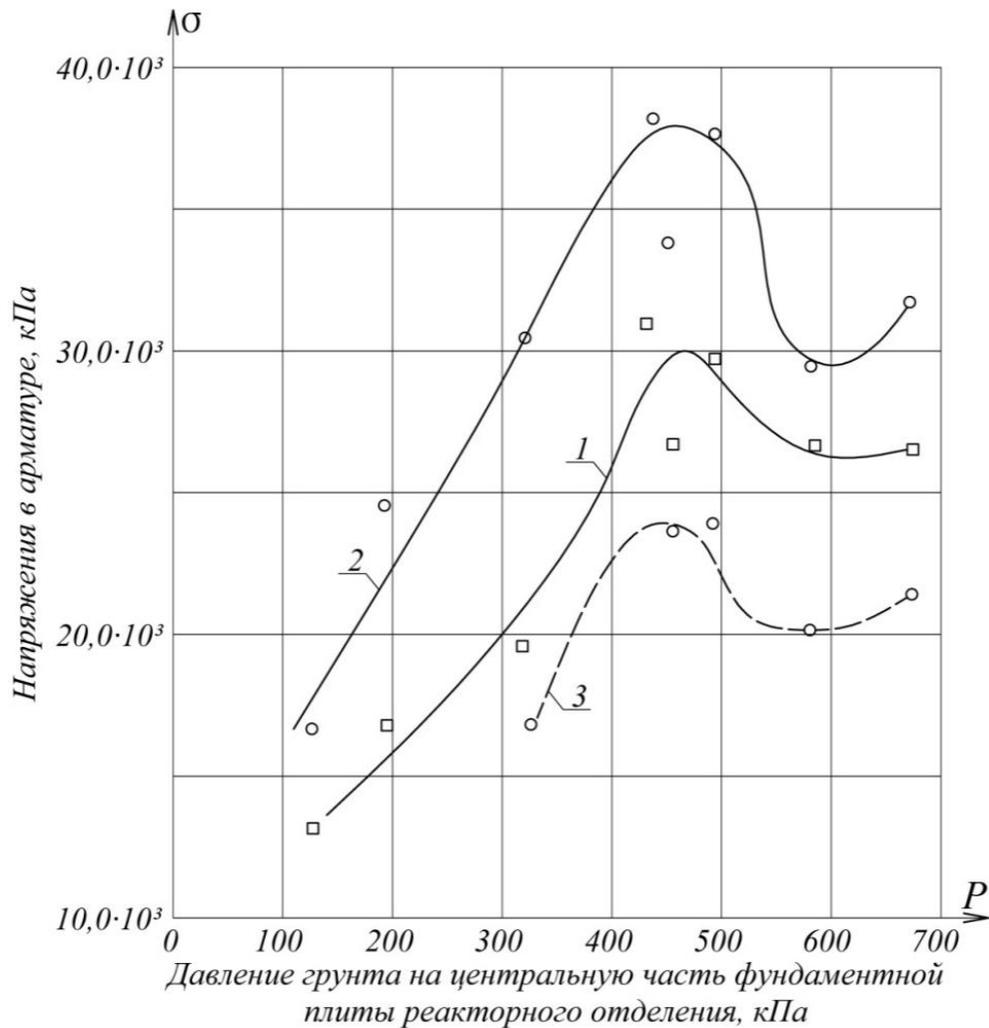


Рисунок 5. Объект №6 – Зависимость растягивающих напряжений в рабочей арматуре верхнего пояса нижней плиты коробчатого фундамента от реактивного давления грунта на центральную часть.

1 - Напряжения по динамометрам, устраиваемым в геометрическом центре плиты; 2 – то же на расстоянии 6,0 м от центра плиты; 3 – то же 6,0 м от центра под стеной.

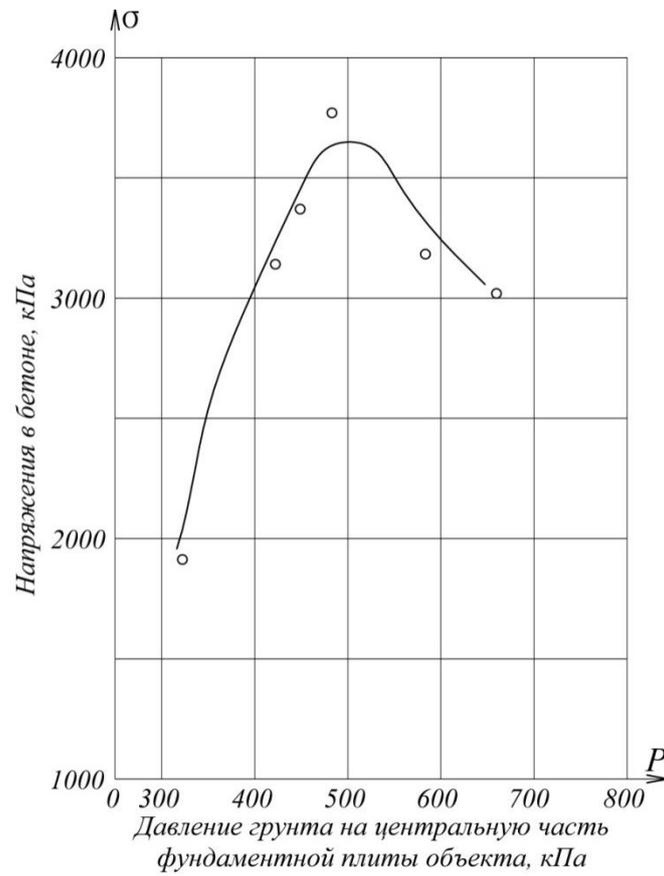


Рисунок 6. Объект №6 – Зависимость сжимающих напряжений в бетоне верхней зоны нижней плиты коробчатого фундамента от величины реактивного давления на центральную область подошвы.

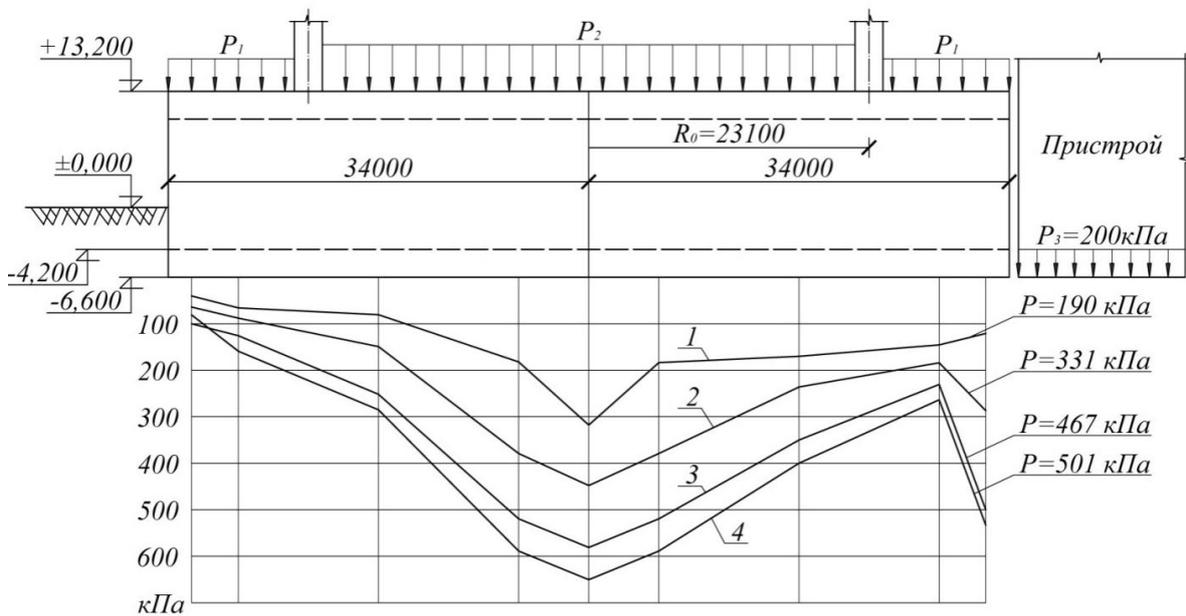


Рисунок 7. Объект №6 – Прогобы нижней плиты коробчатого фундамента при различных средних давлениях $P_{\text{ср}}$:

1. Нижняя плита; 2 – верхняя плита; 3 – нагрузка от обстройки P_1 ; 4-нагрузка от технологического оборудования P_2 ; 5 – зона технологического оборудования.

1. Соколов Н.С. Длительные исследования процессов деформирования оснований фундаментов при повышенных нагрузках // Жилищное строительство. 2018. №.5 с. 3 – 8

2. Соколов Н.С. Прогноз осадок большегабаритных фундаментов при повышенных давлениях на основания // Жилищное строительство. 2018. № 4. С. 3–8
3. Балюра М.В. Горизонтальные перемещения в глинистых основаниях. В кн.: Исследования по строительной механике и строительным конструкциям. Изд-во Томского университета. Томск, 1983. стр. 45-51.
4. Балюра М.В., Окулова М.Н. О влиянии некоторых факторов на деформируемость грунтов в горизонтальном направлении. В кн.: Основания и фундаменты зданий и сооружений в условиях строительства Томска. Изд-во Томского университета. Томск, 1977. С. 36-41.
5. Окулова М.Н. Экспериментальное исследование работы нагруженного песчаного основания в горизонтальном направлении. - Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук, Свердловск, 1967. 30 с.
6. Окулова М.Н., Балюра М.В. Боковой распор и его роль в осадке фундамента. В кн.: Исследование НДС оснований и фундаментов. Межвузовский сборник, Новочеркасск, 1971. С. 88-92.
7. Шелест Л.А. Вертикальные и горизонтальные деформации грунта при штамповых испытаниях. - Труды НИИОСП, вып. 63, 1972.
8. Darragh R.D. Controlled Water Tests to Pre-load Tank Foundations. Pros. A.S.C.E., vol. 90, 1964, pp. 303-329.
9. Belloni L.A. Garassini L.A.. Jamiolkowaki M. Differential Settlements of Petroleum Steel Tanks. Proc. Conference on Settlements of Structures, Cambridge, pp. 323 - 328.
10. Коновалов П.А., Усманов Р.А. Исследование деформаций сильносжимаемых оснований гибких штампов и резервуаров. - Доклады к Дунайско-Европейской конференции по механике грунтов и фундаментостроению. Кишинев, 1983. Т.3. С. 107-112.
11. Magnan J.-P., Mieussens C, Queyroi D. Comportements du remblai expérimental B a Cubzak - les - Ponts. Revue Francaise de Geotechnique, 5, pp. 23-26. 1978.
12. Holtz R.D., Holm G. Belastningsforsok pa svartmoka. Swedish Geotechnical Institute, Internal Report to the National Swedish Road Board. 1973, 64 p.
13. Wilkes P.F. An induced failure at a trial embankment at King's Lynn Norfolk. England. Proc. ASCE Specialty Conference on Performance of Earth and Earth Supported Structures, Purdue University, Lafayette. IN, Vol. 1(1), pp. 29-63, 1972.
14. Бугров А.К., Голубев А.И. Напряженно-деформированное состояние анизотропных оснований с областями предельного равновесия грунта // Труды Дунайско - Европейской конференции по механике грунтов и фундаментостроению. Кишинев, 1983. с. 203-207.

РАЗДЕЛ III. ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Корнюшко В.Ф., Николаева О.М., Панов А.В., Бирев М.Э.

Цифровизация экспериментальных исследований при синтезе готовых лекарственных форм на микрореакторе проточного типа

*МИРЭА – Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова)
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/sdntp-09-2022-03

Аннотация

В статье рассмотрены проблемы цифровизации натурального и вычислительного экспериментов при проведении научных исследований на микрореакторе проточного типа при синтезе активных фармацевтических с

редств лекарственных препаратов. Микрореакторы проточного типа реализуют инновационные технологии синтеза и пока применяются только в научных исследованиях для отработки методов и алгоритмов исследования и оптимизации технологических процессов. Для повышения эффективности натурального эксперимента предложено использовать один из алгоритмов симплекс метода, онлайн алгоритм Нелдера - Мида. Показаны преимущества приведенного алгоритма при выполнении натурального эксперимента на объекте исследования. В качестве примера рассмотрен синтез известного лекарственного препарата гидрохлорид β -дитетиламиноэтилового эфира бензгидрола или димедрола. Эта задача возникла в связи с необходимостью повысить воспроизводимость и эффективность самой субстанции с помощью высокоточного синтеза в проточном реакторе. Приведены алгоритмы планирования натурального эксперимента в условиях ограничений на контролируемые, но не управляемые параметры. Приведен вариант алгоритма, позволяющий повысить его эффективность в случае, когда экстремума не удается достигнуть из-за влияния ограничений. Показано расширение алгоритма на n число управляемых переменных. Приведены алгоритмы построения многооткликовой регрессионной модели для проведения вычислительных экспериментов для оптимизации процесса синтеза.

Ключевые слова: натуральный и вычислительный эксперимент, микрореактор проточного типа, лекарственный препарат димедрол, симплекс-метод, алгоритм Нелдера - Мида, многооткликовые регрессионные модели, онлайн метод оптимизации.

Abstract

The article deals with the problems of digitalization of full-scale and computational experiments when conducting scientific research on a flow-type microreactor in the synthesis of active pharmaceutical drugs. Flow-type microreactors implement innovative synthesis technologies and are currently used only in scientific research to develop methods and algorithms for research and optimization of technological processes. To increase the efficiency of a full-scale experiment, it is proposed to use one of the algorithms of the simplex method, the online Nelder-Meade algorithm. The advantages of the above algorithm are shown when performing a full-scale experiment on the object of study. As an example, the synthesis of the well-known drug hydrochloride of β -ditethylaminoethyl ether of benzhydrol or diphedrol is considered. This task arose due to the need to increase the reproducibility and efficiency of the substance itself using high-precision synthesis in a flow reactor. Algorithms for planning a full-scale experiment in conditions of a boundary on controlled, but not controlled parameters are given. A variant of the algorithm is given, which makes it possible to increase its efficiency in the case when the extremum cannot be reached due to the influence of restrictions. The extension of the algorithm by n number of controlled variables is

shown. Algorithms for constructing a multi-click regression model for conducting computational experiments to optimize the synthesis process are given.

Keywords: full-scale and computational experiment, flow-type microreactor, drug diphenhydramine, simplex method, Nelder-Mead algorithm, multi-point regression models, online optimization method.

Введение

Проблемы цифровизации на сегодня занимают одно из ведущих мест в промышленности, здравоохранении, сфере услуг и т.д. Актуальным стало применение во всех областях таких понятий, как искусственный интеллект, большие данные, бизнес-аналитика, виртуальная реальность, дополненная реальность и т.д. Многие вузы, причем не только технического профиля, включили в свои учебные планы такие дисциплины, как “искусственный интеллект” и “большие данные”. С 2022-2023 учебного года в 115 вузах страны должны начать функционировать “Цифровые кафедры”, на которых студенты самых разных направлений подготовки, включая медицинские, будут бесплатно получать дополнительное образование без отрыва от основного учебного процесса [1,2]. Реализации всех этих задач посвящено множество постановлений правительства и отраслевых министерств. Однако существует на наш взгляд проблема цифровизации, которая отошла несколько на 2-ой план за этими грандиозными задачами. Речь идет о цифровизации научных исследований, хотя в свое время именно задачи автоматизации научных исследований помогли сформулировать те задачи, для которых потребовались и искусственный интеллект и большие данные и другие информационные средства, без которых сейчас немыслимо ни одно из направлений развития человеческой деятельности. Системный подход к цифровизации научных исследований или, как это тогда называлось к построению автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) в химической отрасли начал развиваться в 70-х годах прошлого века. Одним из основоположников этого направления в химической отрасли видимо следует считать член-корр. АН СССР М.Г.Слинько [3,4,5]. А ведущими организациями, которые занимались разработкой методической, инструментальной и математической базы, были научно-исследовательский физико-химический институт имени Л.Я.Карпова (НИФХИ им. Л.Я.Карпова), Опытное-Конструкторское Бюро Автоматики(ОКБА) Минхимпрома СССР, а также такие высшие учебные заведения, как Московский энергетический институт, Московский институт тонкой химической технологии им. М.В.Ломоносова, Московский химико-технологический институт им. Д.И.Менделеева (ныне Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева) и некоторые другие организации и вузы. Основу проводимых исследований составляли физические модели всех основных химико-технологических процессов, соединенные через системы контроля и управления с широко применявшимися в то время, управляющими вычислительными машинами. Такие автоматизированные комплексы в сочетании с математическими моделями химических реакций, процессов и реакторов позволяли находить оптимальные устойчивые режимы для технологических процессов и проводить масштабирование процессов для их внедрения в промышленность [6,7]. Следует отметить, что фундаментальные основы этого направления, состоящие в оптимальном сочетании натурального и вычислительного эксперимента, до сих пор являются актуальными.

Основная часть

Как известно, любые экспериментальные исследования практически в любой современной науке распадаются на 2 тесно связанные части — это натуральный и вычислительный эксперименты. Во время натурального эксперимента исследователь по существу методом проб и ошибок исследует допустимое поле факторного пространства объекта исследования. Устанавливаются управляемые и контролируемые параметры, оцениваются ограничения. Оценивается эффективность контролируемых и управляющих приборов и химических анализов. Во время вычислительного эксперимента проводится выбор математической модели описания исследуемого процесса, оценивается математически

и с помощью натурального эксперимента адекватность и состоятельность модели. Далее с ее помощью решаются различные задачи управления и оптимизации процесса.

В работе рассмотрена современная проблема цифровизации как вычислительного, так и натурального эксперимента при решении актуальной фармацевтической проблемы синтеза активного лекарственного средства (АФС) на микрореакторе проточного типа на примере получения гидрохлорид **В**-дитетиламиноэтилового эфира бензгидрола или димедрола. Проблема синтеза в принципе известного лекарственного препарата возникла в связи с тем, что была поставлена задача повысить воспроизводимость и эффективность самой субстанции с помощью высокоточного синтеза в проточном реакторе [8].

Синтез АФС был выполнен в реакторах проточного типа, что значительно повышает эффективность и выход продукта, по сравнению синтезом в емкостных аппаратах. Отметим, что сегодня синтез лекарственных соединений в промышленных условиях выполняется в периодических или емкостных реакторах. Непрерывные реакторы применяются сегодня в научных исследованиях и для производства специальных лекарственных средств в микродозах.

Было проведено сравнение синтеза димедрола в емкостном аппарате и в проточном реакторе, показано, что последняя методология выигрывает по ряду параметров. Во-первых, основным преимуществом непрерывной схемы синтеза является возможность точно контролировать параметры процесса, что приводит к значительному улучшению воспроизводимости. Во-вторых, технологическое оформление проточной реакторной системы является более безопасным, отвечающим принципам «зеленой химии». Третьим важным преимуществом является простота контроля всего химико-технологического процесса, что позволяет минимизировать количество примесей в целевом продукте. Использование проточных реакторов позволяет оптимизировать не только синтез, но и стадии выделения и очистки продуктов.

Димедрол получают взаимодействием бензгидрола (I) и β -диметиламиноэтилхлорида в спиртовом растворе алкоголята натрия [7] или реакцией I и гидрохлорида β -диметиламиноэтилхлорида (II). В присутствии едкого натра с последующим превращением основания III в гидрохлорид – димедрол (IV).

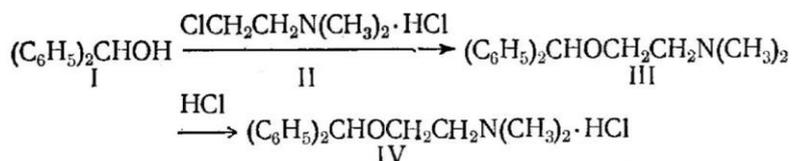


Рисунок 1. Синтез дифенгидрамина взаимодействием бензгидрола (I) и гидрохлорида β -диметиламиноэтилхлорида (II).

Рассмотрим особенности построения систем информационной поддержки непрерывного синтеза дифенгидрамина из хлора/бромдифенилметана.

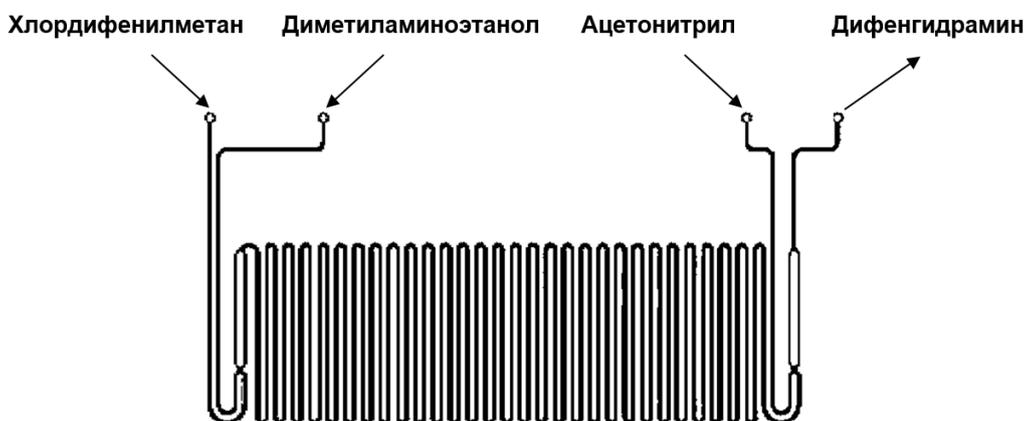


Рисунок 2. Схема реализации синтеза дифенгидрамина в микрореакторе проточного типа.

Исследования проводились на микрореакторе проточного типа. В качестве управляемых факторов были использованы: в качестве лидерного вещества (исходных компонентов) HI и Br, а также изменения температуры $T(^{\circ}\text{C}) = 100 - 180$ и времени реакции $t(\text{min})=2 - 20$. Контролируемым, но не управляемым фактором являлся состав полученной смеси, который непрерывно измерялся с помощью масс-спектрометра.

Остановимся в начале на проведении натуральных экспериментов на объекте исследования. Существует довольно ограниченное число методик организации натурального эксперимента. Наиболее известным, применяемым подавляющим большинством исследователей, является метод покоординатного поиска (или покоординатной оптимизации), позволяющий в режиме онлайн искать новую точку эксперимента, на основе оптимизации показателя качества исследуемого процесса. Этот метод известен исследователям со школьной скамьи (правда большинство из них не знали, что он имеет научное название-покоординатный поиск) и состоит в том, что одна из переменных фиксируется, а другая меняется с определенным шагом, до тех пор, пока значение показателя качества не изменит знак на обратный (например, при поиске максимума он начнет уменьшаться). Тогда достигнутое значение i -ой переменной закрепляется и начинают изменять 2-ую переменную в сторону увеличения показателя качества. И так далее. В конкретном примере было задано времени реакции $t_{\text{нач}} = 2$ мин и последовательно изменялась температура в реакторе, начиная от $100 \text{ T}^{\circ}\text{C}$ (Рис.3), при этом на каждом шаге измерялись степень извлечения (показатель качества процесса) и состав, который служит ограничениями. Когда температура достигла $180 \text{ T}^{\circ}\text{C}$, степень извлечения начала уменьшаться. Тогда температура была зафиксирована и начали последовательно изменять время реакции до тех пор, пока степень извлечения продолжала расти. Теоретически в этом случае нужно было бы зафиксировать время реакции и вновь попытаться начать изменять температуру.

2-ой известный подход связан с применением методов планирования экспериментов. Для уменьшения числа опытов можно было бы воспользоваться, например, методом полного факторного эксперимента [8]. Этот метод позволяет построить упрощенную регрессионную модель процесса и далее искать оптимум путем расчета точек реального эксперимента, используя вычислительный эксперимент на модели. Эффективность применения метода планирования эксперимента зависит от того насколько адекватна построенная модель описываемому процессу. Более того очень часто технологические условия не позволяют поставить на реальном процессе факторный эксперимент. Для нашего примера полный факторный эксперимент для 2-ух независимых переменных включает 4 точки плана.

Таблица 1

Полный факторный эксперимент при 2-ух независимых переменных.

Факторы в натуральном масштабе			Полный факторный эксперимент	
Номер опыта	$T^{\circ}\text{C}$	времени реакции t (мин)	x_1	x_2
1	100	2	+1	+1
2	180	2	-1	+1
3	100	20	+1	-1
4	180	20	-1	-1

Важно отметить, что одна из точек плана при этом включает точку (-1, -1) - это температура $T^{\circ}\text{C} = 180$ и время реакции 20 мин, что не может быть реализовано, т.к. приводит к нарушению ограничений на технологию процесса.

В работе рассматривается гораздо менее известный у исследователей симплекс-метод [9], который на наш взгляд имеет ряд серьезных преимуществ перед методами, рассмотренными выше. Этот метод применяется в теории оптимизации для поиска экстремума и на наш взгляд может быть применен, как метод экстремального планирования

экспериментов в онлайн режиме, непосредственно на объекте исследования с учетом ограничений.

К числу достоинств симплексного метода наряду с экономичностью по числу опытов и простотой вычислений следует отнести также возрастание эффективности метода с ростом числа входных переменных, устойчивость выделения направления движения, поскольку оно определяется только соотношением целевых величин, а не их абсолютными значениями.

Заметим сразу же, что применение данного метода на наш взгляд нецелесообразно в режиме эксплуатации реальных технологических процессов, но может быть достаточно эффективно при научных исследованиях в лабораторных условиях.

Рассмотрим методику применения симплекс-метода для планирования экстремальных экспериментов в режиме онлайн на реакторе проточного типа.

- 1) Выбирается достаточно произвольно начальный симплекс и ставятся 3 эксперимента в его углах. Например, $(x_{11} = 100); (x_{12} = 2);$ измеренное в этой точке значение показателя качества y_j (степень извлечения); $(y_1 = 20); (x_{21} = 120); (x_{22} = 2); (y_2 = 30); (x_{31} = 110); (x_{32} = 4); (y_3 = 60).$

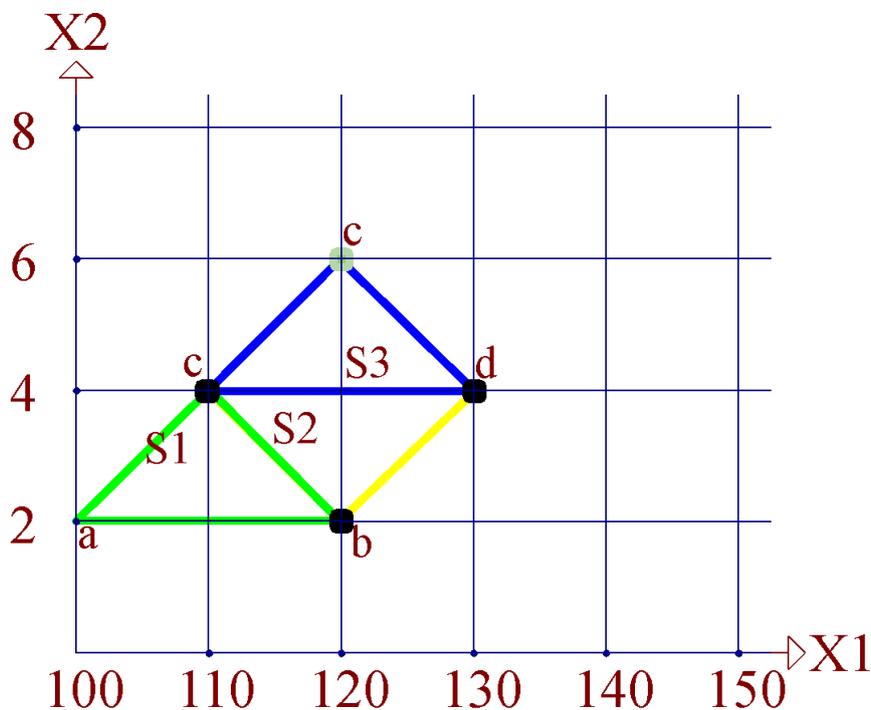


Рисунок 3. Графическая реализация симплекс - метода при 2-ух независимых переменных.

- 2) Согласно алгоритму симплекс - метода, сравниваются значения показателей y_j ($j = 1,2,3$) и выбирается наименьшее значение. В примере это $y_1 = 20$. И далее вращаем наш симплекс (треугольник abc) вокруг катета (cb) , противолежащего этой точке.
- 3) Образует новый симплекс S_2 (треугольник cbd), точка d , в котором задает нам значения новой точки эксперимента (x_{41}, x_{42}) .
- 4) Измеряем в этой точке значение показателя качества $y_4 = 75$ и сравниваем значения показателей качества y_2, y_3, y_4 , следовательно, поворот нужно выполнять относительно катета cd .
- 5) Таким образом новая (5-ая точка эксперимента (x_{51}, x_{52})) будет иметь значения управляемых переменных $T^0C = 120; t = 6$.
- 6) Поиск новых значений симплекса, а это значит новых точек эксперимента продолжается до тех пор, пока значение показателя качества не начнет уменьшаться при любом новом симплексе. В этом случае можно уменьшить

шаг по каждой переменной и попытаться организовать движение в области экстремума.

- 7) Отметим 2 важных обстоятельства-первое, онлайн метод проведения экспериментов предусматривает достаточно простой учет ограничений. По результатам каждого эксперимента экспериментатор проверяет их выполнение, например, в нашем случае контролирует состав, и не допускает их нарушений. Метод очень хорошо реализуем графически при 2-ух управляемых переменных и сложность его резко возрастает при 3-ех переменных, когда симплекс представляет собой пирамиду и вращение необходимо реализовать через плоскость.

Одним из важнейших преимуществ метода, является простота его алгоритмизации. Реально один из алгоритмов метода, а именно алгоритм Нелдера -Мида [10], может быть реализован на калькуляторе на телефоне исследователя. Основная идея алгоритма состоит в том, что новая точка эксперимента находится, как отражение худшей в исходном симплексе факторного пространства переменных (Рисунок 4).

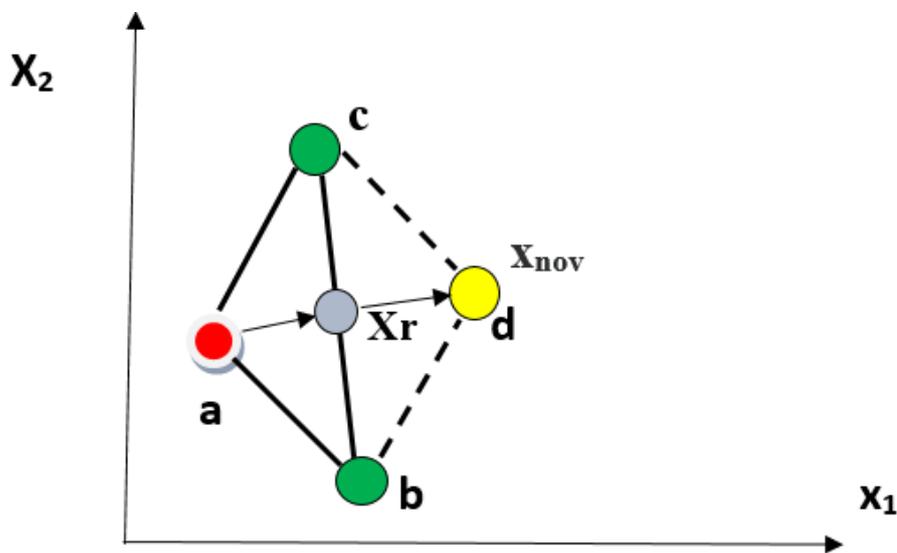


Рисунок 4. Иллюстрация работы алгоритма Нелдера-Мида.

Для построения обобщенного алгоритма введем следующие обозначения:

Рассортируем вершины симплекса по нарастанию значения целевой функции. Тогда точку, у которой показатель качества наивысший, обозначим как $t(x_1, x_2)$, следующую за ней по значению показателя качества $g(x_1, x_2)$, как и наконец худшую точку в нашем симплексе, как $w(x_1, x_2)$. Тогда алгоритм примет следующий вид:

1) Найти некоторую вспомогательную переменную x_r , как

$$x_r = ((t+g)/2) = ((x_1^t + x_1^g)/2; (x_2^t + x_2^g)/2) \quad (1)$$

2) Найти “отраженную” точку нового симплекса x_{nov} , как

$$x_{nov} = x_r - (x_r - w(x_1, x_2)) = 2 * x_r - (x_1^w, x_2^w) \quad (2)$$

Просчитаем точки 2-ух новых симплексов из примера по построенному алгоритму.

Задаем исходные точки

Точка а $x_{11} = 100; x_{12} = 2; y_1 = 20.$

Точка б $x_{21} = 110; x_{22} = 4; y_2 = 60.$

Точка с $x_{31} = 120; x_{32} = 2; y_3 = 30.$

Тогда в соответствии обозначениями, введенными выше, точка а соответствует переменной w , точка б переменной g , а точка с переменной t .

Тогда в соответствии с (1) имеем:

$$x_r = ((110+120)/2; (2+4)/2) = (115; 3) \quad (3)$$

Подставляя найденное значение x_r в (2), находим

$$x_{\text{нов}} = 2*(115;3) - (100;2) = (130;4) \quad (4)$$

Таким образом координаты новой отраженной точки нового симплекса, составляют (130;4), что соответствует точке d симплекса S_2 на Рисунок 3

Для нахождения следующей точки сравним значения целевой функции $y_2 = 60$, $y_3 = 30$, $y_4 = 75$, тогда в соответствии с формулами (1) и (2) имеем:

$$x_r = ((130+110)/2; (4+4)/2) = (120;4) \quad (5)$$

$$x_{\text{нов}} = (120;6) \quad (6)$$

Таким образом новая точка симплекса (x_1^4 , x_2^4) имеет координаты (120;6), что соответствует результатам, полученным нами графическим методом

Такое движение симплекса будет продолжено до тех пор, пока на некотором k-ом шаге новое значение целевой функции не окажется меньше предыдущего, что означает, что мы достигли экстремума.

Рассмотрим ряд особенностей применения симплекс-метода для планирования экстремальных экспериментов в условиях ограничений на контролируемые, но не управляемые факторы.

- 1) Как учесть ограничения? Так как речь идет о натурном, а не вычислительном эксперименте, то исследователь, рассчитав новую точку эксперимента имеет непосредственную возможность измерить значения контролируемых, но не управляемых факторов, и, если точка экстремума не достигнута и ограничения не нарушены, то продолжить эксперименты. Рассмотрим случай, когда точка экстремума не достигнута, но мы выходим за допустимые ограничения. В этом случае существует модификация алгоритма Нелдера-Мида, носящая название "Сжатие симплекса".

Рассмотрим работу алгоритма "Сжатие симплекса" на конкретном примере. Предположим, что в новой найденной нами точке эксперимента e (100;10) оказались нарушенными ограничения, т.е. состав вышел за заданные допустимые значения. Очевидно, что в этом случае нужно уменьшить шаг движения симплекса. Принципиально выбор нового шага находится в руках исследователя, рассмотрим уменьшение шага вдвое. Графически это выполнить чрезвычайно просто. Делим прямую, соединяющую, найденные нами ранее точки x_r с координатами (120;4) с точкой e (120;6), пополам. Найденная точка x_c и будет являться новой точкой эксперимента. Далее проверяем полученные при этом значения ограничений. Если они вновь не удовлетворяют исследователя, то сжатие симплекса можно продолжить либо получить другую точку, симметричную x_c . Назовем ее x'_c . Координаты новых точек легко находятся графически.

$$x_c (120;5) \quad x'_c (120;3) \quad (7)$$

Рассмотрим модификацию алгоритма Нелдера-Мида, носящую название "Сжатие симплекса". В соответствии с формулами (1), (2) и обозначением переменных в (7) имеем:

$$x_c = x_r + \beta*(x_{\text{нов}} - x_r) \quad (8)$$

$$x'_c = x_r + \beta*(w - x_r) \quad (9)$$

Здесь: x_c и x'_c -соответственно координаты новых точек эксперимента, полученные на основе алгоритма сжатия симплекса;

x_r – точка центроида эксперимента; $x_{\text{нов}}$ -предыдущая найденная точка симплекса; w – точка предыдущего симплекса с наименьшим значением показателя качества; $0 < \beta < 1$ – коэффициент сжатия.

В нашем примере для $\beta = 0,5$ имеем:

$$x_c = (120;4) + 0.5*((120;6) - (120;4)) = (120;5) \quad (10)$$

$$x'_c = (120;4) + 0.5*((120;2) - (120;4)) = (120;3) \quad (11)$$

Полученные результаты совпадают с графическими.

- 2) Следует отметить, что алгоритм Нелдера-Мида, в отличии от графической интерпретации симплекс-метода, достаточно просто распространяется на планирование экспериментов с числом факторов больших 2. Запишем

общий алгоритм планирования экспериментов по методу Нелдера-Мида при числе независимых факторов равном n ;

- Исследователь выбирает на основе каких-либо априорных сведений или произвольно первоначальный симплекс, ставит эксперименты в $n+1$ точке факторного пространства и измеряет $n+1$ значения целевой функции в этих точках y_1, y_2, \dots, y_{n+1} ;
- Далее значения целевой функции ранжируются по возрастанию (если ищем максимум) и выбирается точка с минимальным значением y_{\min} , которую в соответствии с обозначениями, введенными выше, обозначим как w ;
- Далее определяется центр соответствующего центроида и расчеты выполняются по формулам аналогичным (1) и (2).

Для примера запишем рабочие формулы алгоритма для трехфакторного эксперимента при условии, что наименьшее значение целевой функции мы получили для симплекса с координатами w (x_{41}, x_{42}, x_{43}). Тогда расчетные формулы алгоритма Нелдера-Мида приобретают следующий вид:

$$x_r = ((x_{11} + x_{12} + x_{13})/3; (x_{21} + x_{22} + x_{23})/3; (x_{31} + x_{32} + x_{33})/3) \quad (12)$$

$$x_{\text{нов}} = (x_r - w(x_1, x_2, x_3)) \quad (13)$$

где x_i^j - значение i -го фактора в j -ом опыте.

Аналогичные достаточно простые формулы могут быть записаны для большего числа управляемых факторов.

Применение симплекс метода позволяет достаточно четко оценить факторное пространство управляемых переменных с учетом ограничений. На следующем этапе в ходе вычислительного эксперимента строится математическая модель и ищутся параметры оптимизации управления процессом. Для решения задачи оптимизации управления обычно используют регрессионную модель. Это связано, как с простотой построения модели, так и удобством ее применения для решения широкого класса оптимизационных задач.

Особенностью проведения вычислительного эксперимента для конкретного примера оптимизации управления работой непрерывного микрореактора является необходимость решения задачи оптимизации с учетом ограничений. Для решения задачи предлагается следующий подход:

- 1) По данным натурального эксперимента строятся 2 регрессионные модели. Одна - это зависимость степени извлечения от управляющих параметров процесса температуры и времени проведения реакции. Вторая, многооткликовая регрессионная модель для оценки зависимости состава смеси, играющего роль ограничений при решении задачи управления, от управляемых параметров. Заметим, что все экспериментальные данные для построения 1-ой и 2-ой моделей получены в ходе натурального эксперимента.
- 2) Одной из важнейших задач при оптимизации управления любым объектом является выбор критерия оптимизации. Жизненный цикл разработки любого лекарственного средства состоит из многих этапов, занимает несколько лет, и вся разработка стоит от нескольких десятков до нескольких сот миллионов долларов. Окончательное решение по оценке разработанного лекарственного средства принимается группой экспертов на основе экспертных оценок глобального критерия, который в свою очередь включает локальные критерии. При системном подходе оценки полной разработки лекарственного средства минимизируются глобальный и локальные критерии риска, а максимируются критерии качества и стоимости готового препарата.

В качестве критериев на каждом этапе разработки обычно задается спектр условий, в которых предстоит выполнять исследования и применительно к каждому условию качество функционирования оценивается самостоятельным критерием. При решении проблемы

разработки лекарственных средств группы экспертов на каждом этапе жизненного цикла вносят коррективы в первоначально заданный глобальный критерий, формируя локальные критерии [11].

Глобальный критерий G может быть определен через множество множеств частных критериев K_j^m . Однако в практических задачах, как было отмечено выше, достаточно часто имеет место ситуация, когда часть критериев нужно максимизировать, а часть минимизировать

$$G = \{i = \underline{1, M}\} f^P \rightarrow K^M = \{j = \underline{1, N}\} \quad (14)$$

где S_i^m – элемент некоторой формальной модели, f^P – функция отображения; N – число введенных частных критериев; D_j^m – множество атрибутов частного критерия (наименование, описание и т.д.).

Сформулируем далее задачу математического моделирования процесса непрерывного синтеза АФИ димедрола.

Итак, необходимо построить регрессионную модель зависимости критерия G (x_1, x_2, x_3) от 3-ех управляемых параметров x_1, x_2, x_3 . В качестве 3-го используется входное лидерное вещество Вг или Нl. В качестве критерия оптимизации G используется степень извлечения при синтезе.

$$G(x_1, x_2, x_3) = b_1 * x_{i1} + b_2 * x_{i2} + b_3 * x_{i3} \quad (i=1, 2, 3, \dots, n) \quad (15)$$

и регрессионные модели для измеряемых, но неуправляемых параметров, служащих ограничениями изменений управляемых параметров.

$$Y_j(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}) \leq Y_{j\text{доп}} \quad (16)$$

где x_1, x_2, x_3 – соответственно значения температуры ($T^{\circ}\text{C}$), время (мин) и заместитель в ингредиентах Вг или Сl.

$Y_j(x_1, x_2, x_3)$ – ограничения, определяющие состав или структуру получаемого соединения и измеряемые хроматографом.

Отметим, что если регрессионное уравнение (15) построить достаточно просто, то для построения уравнений (16) предлагается использовать методику построения многооткликowego регрессионного уравнения:

Запишем уравнение многооткликowego уравнения регрессии для моделирования процесса получения веществ 1,6,7 (Рис. 7) в матричной форме.

$$A = (X * X^t)^{-1} * (X^t * Y) \quad (17)$$

где A – вектор-столбец регрессионных коэффициентов; X – матрица управляемых параметров x_1, x_2, x_3 ; Y – y_1, y_2, y_3 – матрица целевых показателей.

$$X = \begin{Bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} \end{Bmatrix} \quad A = \begin{Bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{Bmatrix} \quad Y = \begin{Bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} \\ \dots & \dots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} & y_{n3} \end{Bmatrix} \quad (18)$$

символы $(^t)$ и $(^{-1})$ соответственно обозначают операции транспонирования и обращения матриц.

Решением матричного уравнения (3) является матрица коэффициентов A , где каждый из коэффициентов a_{kj} соответствует регрессионному уравнению с целевой функцией Y_k ($k=1,2,3$).

Отметим, что в уравнениях (1-3) индекс i относится номеру эксперимента, индекс j к номеру коэффициента в регрессионном уравнении, индекс k к номеру целевой функции в критериальных уравнениях ограничений (2). $Y_{j\text{доп}}$ – допустимые значения компонентов состава, задаваемые до начала процесса синтеза

Поиск параметров оптимизации с помощью регрессионной модели является достаточно тривиальной задачей, описанной во множестве работ. Методы оптимизации включены во все математические пакеты, например, MATLAB, STATISTICA и т.д. Так что на первый взгляд все достаточно просто, модель построена, берется, имеющийся в наличии, математический пакет, выбирается метод оптимизации и ищутся оптимальные параметры управления, позволяющие достигнуть экстремума целевой функции в условиях ограничений на контролируемые параметры. Однако на практике все не так однозначно. Дело в том, что адекватность и состоятельность построенной модели, рассчитываемая в области проведенных экспериментальных точек. При этом не учитывается влияние неконтролируемых возмущений, а они, особенно при работе на недостаточно изученных экспериментальных установках, могут приводить к существенным отклонениям результатов при неоднократных выполнениях эксперимента. В этом случае рекомендуется либо применять адаптивные модели, параметры которых подстраиваются при проведении новых экспериментов либо использовать человеко-машинные онлайн алгоритмы оптимизации. При использовании человеко-машинных алгоритмов поиск оптимальных параметров предпринимается с помощью алгоритмов оптимизации, а окончательное решение по управлению принимается человеком. В работе для решения задачи оптимизации по этому методу был использован онлайн алгоритм Хука-Дживса [12]. На рис. 6 представлена область оптимизации процесса синтеза АФС димедрола в микрореакторе проточного типа.

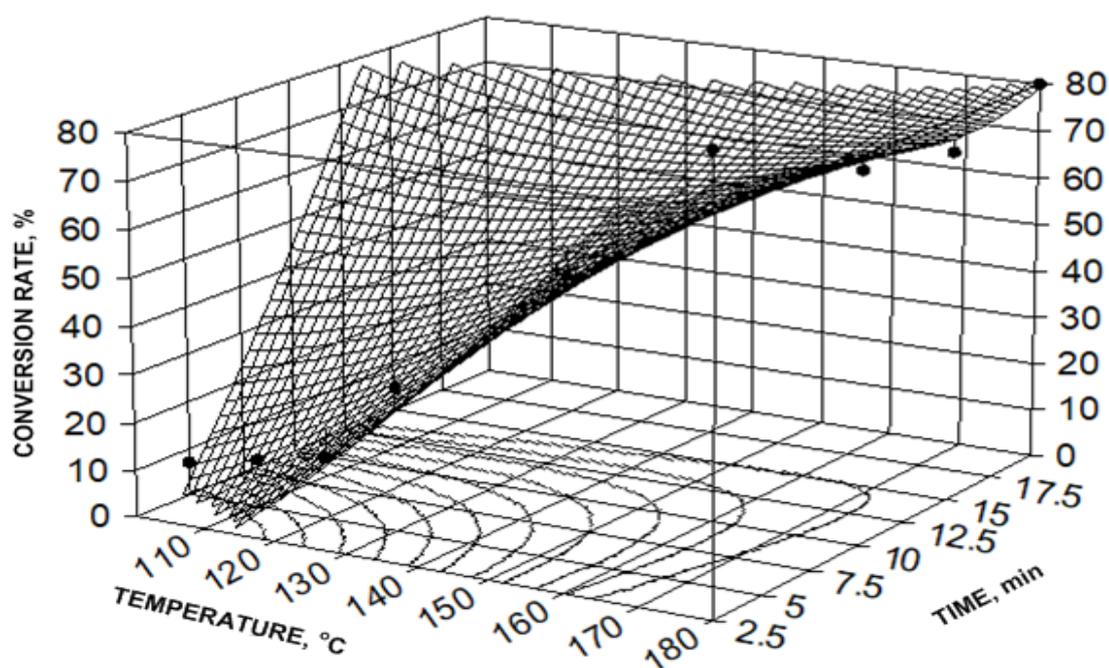


Рисунок 7. График изменения степени конверсии при синтезе АФС димедрола в зависимости конверсии от температуры реакции и времени обработки.

Заключение.

- 1) Предложена методика цифровизации проведения натуральных и вычислительных экспериментов при экспериментальных исследованиях, проводимых на инновационном микрореакторе проточного типа при синтезе АФС лекарственных средств.
- 2) Подробно рассмотрены алгоритмы планирования натуральных экспериментов при синтезе АФС с помощью метода Нелдера-Мида и его модификации “Сжатие симплекса” на примере синтеза дифенгидрамина в реакторе проточного типа.

- 3) Рассмотрено расширение применения алгоритма Нелдера-Мида на исследование процессов с n управляющими параметрами.
- 4) Для проведения вычислительного эксперимента поиска оптимальных параметров управления синтезом АФС проведено моделирование процесса с применением многооткликовых регрессионных моделей.
- 5) Приведен 3D график экстремальной области при поиске параметров оптимизации процесса синтеза с помощью онлайн алгоритма Хука-Дживса.

1. Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации науки и высшего образования. Распоряжение Правительства РФ N 3759-р от 21.12.2021.
2. 115 российских университетов с сентября открывают набор студентов на “цифровые кафедры”. <http://minobrnauki.gov.ru>.
3. Слинко М.Г. Катализ и математика: Посвящается памяти Т.И.Зеленяка // Каталитический бюллетень / Рос. акад. наук. Отд-ние химии и наук о материалах. Научный совет по катализу. - Новосибирск, 2003. - N 4. - С.37-60.
4. Методы моделирования каталитических процессов на аналоговых и цифровых вычислительных машинах [Текст] / М. Г. Слинко, В. С. Бесков, В. Б. Скоморохов [и др.]; Отв. ред. канд. хим. наук А. Ермакова; АН СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т катализа. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1972. - 150 с.
5. М. В. Клибанов, М. Г. Слинко, С. И. Спивак, В. И. Тимошенко, “Применение теории графов к построению механизма и кинетических уравнений сложной химической реакции”, Управляемые системы, 1970, 7, 64–6.
6. Холоднов В.А. Системный анализ и принятие решений. Математическое моделирование гидродинамической структуры однофазных потоков в химических реакторах/Учебное пособие / В.А. Холоднов, В.П. Решетиловский, Е.С. Боровинская, В.П. Андреева. - Санкт-Петербург: СПбГТИ (ТУ), 2009.
7. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Основные процессы хим. пр-в и хим. кибернетика" / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. - Москва: Академкнига, 2006 (Иваново: Ивановская обл. тип.). - 415 с.: ил., табл.; 25 см.; ISBN 5-94628-268-9.
8. Корнюшко В.Ф., Кузнецов А.С., Николаева О.Н., Богунова И.В., Панов А.В. Программно-алгоритмическая поддержка интеллектуальной системы управления синтезом активных фармацевтических ингредиентов. / Программные продукты и системы.2020, № 1, с.132-143.
9. Агаянц И.М., Орлов А.Л. Планирование эксперимента и анализ данных. М.: ИПЦ МИТХТ, 1998. - 144 с.
10. Лемешко, Б.Ю. Методы оптимизации: Конспект лекций / Б.Ю. Лемешко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 126 с.
11. Корнюшко В.Ф.Панов А.В., Николаева О.М., Системный подход к информационной поддержке фармацевтической разработки готовых лекарственных средств. / Тонкие химические технологии / Fine Chemical Technologies. – 2018 том 13, №2, С. 91-99.
12. Данилин Л.И.Методы оптимизации [Электронный курс] :/ Л.И.Данилин. - Самарский гос. аэрокосмический ун-т им. С.П.Королева-Самара,2011.

РАЗДЕЛ IV. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Кокиева Г.Е.^{1,2}

Создание высокоэффективного и экологически чистого агропромышленного предприятия для производства зеленных культур

¹Арктический агротехнологический университет
(Россия, Якутск)

²Бурятская сельскохозяйственная академия
(Россия, Улан-Удэ)

doi: 10.18411/sdntp-09-2022-04

Аннотация

В статье описывается технология возведения и совершенствование технологии выращивания зеленных культур на рассадно-салатных комплексах зимних теплиц. Целью проекта является создание высокоэффективного и экологически чистого агропромышленного предприятия для производства зеленных культур на северо-востоке России при использовании новейших термомагнитных способов и устройств воздействия на окружающую среду. Проект связан с одним из прикладных направлений современной электротехнологии по разработке и внедрению способов и устройств и оптимального их применения для получения экологически безопасных продуктов растительного происхождения.

Растениеводство исторически всегда было неотъемлемой частью народного хозяйства России, обеспечивающей потребность в специфических видах продуктов питания, производство которых обусловлено суровыми природно-климатическими условиями, а также социально-экономическими и национальными особенностями северо-востока страны. Эта отрасль сельского хозяйства представляет собой сложную производственно-экономическую систему, нацеленную на удовлетворение потребностей населения в продуктах питания. В сложившейся ситуации проблема стабилизации и возрождения отечественного северного растениеводства, повышения производства продукции отраслей является важной народнохозяйственной задачей России, связанной с дальнейшим сохранением продовольственной безопасности страны. Исследование и научное обоснование подходов к решению этой проблемы, разработка конкретных мероприятий по выходу отрасли из сложной ситуации имеют большое значение. Для увеличения производства продукции растениеводства необходимо рационально использовать имеющийся энергетический Республики Саха (Якутия). В связи с этим проблема внедрения и использования новейших разработок аппаратов термомагнитного воздействия на интенсивность развития растений является одной из актуальных проблем. Предлагаемый проект позволит решить экономически важную проблему эффективного использования электротехнологических новинок для увеличения растительного сырья в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: растительное сырье, теплица, термомагнитное воздействие, продовольственная безопасность.

Abstract

The article describes the technology of construction and improvement of the technology of growing green crops in seedling and salad complexes of winter greenhouses. The aim of the project is to create a highly efficient and environmentally friendly agro-industrial enterprise for the production of green crops in the north-east of Russia using the latest thermomagnetic methods and environmental impact devices. The project is connected with one of the applied directions of modern electrical technology for the development and implementation of methods and devices and

their optimal application for obtaining environmentally safe products of plant origin. Historically, crop production has always been an integral part of the national economy of Russia, providing the need for specific types of food products, the production of which is due to harsh natural and climatic conditions, as well as socio-economic and national characteristics of the north-east of the country. This branch of agriculture is a complex production and economic system aimed at meeting the needs of the population in food. In the current situation, the problem of stabilizing and reviving the domestic northern crop production, increasing the production of the branches is an important national economic task of Russia related to the further preservation of the country's food security. Research and scientific substantiation of approaches to solving this problem, the development of specific measures to get the industry out of a difficult situation are of great importance. To increase the production of crop production, it is necessary to rationally use the available energy resources of the Republic of Sakha (Yakutia). In this regard, the problem of introducing and using the latest developments of thermomagnetic devices for the intensity of plant development is one of the urgent problems. The proposed project will solve the economically important problem of the effective use of electrotechnological innovations to increase plant raw materials in agricultural production.

Keywords: vegetable raw materials, greenhouse, thermomagnetic effect, food safety.

Введение

Для решения цели и задач исследований использовалась учебно-научно-исследовательская лаборатория ФГБОУ ВО Арктический ГАТУ. В рамках проекта выполнены исследования по разработке термомагнитных аппаратов для интенсивного роста растений в условиях Крайнего Севера, изучено их действия, провести экспериментальные исследования в лабораторных и полевых условиях с помощью опытно-промышленной установки. В результате разработаны и внедрены экологически безопасные системы индуктивно-кондуктивного обогрева с одновременным омагничиванием грунта, орошаемой воды и воздуха зимних теплиц.

Цель: определить влияние магнита и омагниченной воды на рост салатных растений и на рост салатных культур, автоматизация процессов в теплице.

Задачи: изучить влияние магнита и омагниченной воды на рост растений
Объект исследования: хлорофитум-растение семейства лилейных и лук. Условия проведения исследования: одинаковая температура, одинаковая влажность, одинаковое освещение, одинаковый вид растения.

Основная часть

Залогом высокого урожая овощных растений является качественная подготовка их семян к посеву. Большинство огородников выращивает основные овощные культуры через рассаду, но нередко им приходится прибегать к высеву отдельных овощей семенами в закрытый или открытый грунт. В любом случае к предпосевной подготовке семян надо подойти очень тщательно, ведь известно, что «от плохого семени – не жди хорошего племени». При изучении темы «Прорастание семян» на уроках биологии, работая на пришкольном участке и домашнем огороде, я заинтересовалась вопросом повышения урожайности овощных культур через обработку посевного материала. К важнейшим показателям качества семян относят энергию прорастания, всхожесть. **Энергия прорастания** представляет собой способность семян быстро и дружно прорасти. **Всхожесть** определяют, как способность семян образовывать нормально развитые проростки; это отношение нормально проросших семян (за определенный срок при оптимальных условиях) к общему их количеству, взятому для проращивания. **Прорастание семян** – это переход от состояния покоя к росту зародыша и формирования проростка. Оно регулируется фитогормонами, которые переходят в активное состояние и перераспределяются между различными частями зародыша. Предпосевная электростимуляция семян в один слой дает положительные результаты, что подтверждено научными исследованиями. Однако многослойная обработка предпочтительнее, так как

обеспечивается более высокая производительность машины при одних и тех же габаритных размерах.

Современное общество предъявляет всё более высокие требования к техническим устройствам бытового и промышленного назначения, поэтому разработка и внедрение новых устройств, особенно электронагревательных, как важнейших для жизнедеятельности человека, является актуальной задачей. Внедрение электронагрева обуславливается и проблемой энергосбережения при производстве тепла на коммунально-бытовые нужды рассредоточенных потребителей. В сельской местности при существенной рассредоточенности агротехнического комплекса Якутии применение системы электротеплоснабжения по сравнению с теплоснабжением от котельных на твердом топливе позволяет снизить энергозатраты на 30-40%.

Развитие ВЭУ(ветроэлектроустановок), других альтернативных источников электроэнергии также стимулирует использование электронагрева.

Известно, что около 85% грунтовых и подземных вод Российской Федерации, используемых в качестве питьевой, содержат избыток железа и солей кальция. Поэтому пресная вода, используемая в качестве питьевой, в большинстве регионов РФ не соответствует требованиям ГОСТ, предъявляемым к питьевой воде. Это в первую очередь относится к избыточному количеству железа и солей кальция. Проблема получения с помощью энергосберегающих устройств питьевой воды, имеющей необходимый уровень примесей, является актуальной. Вместе с тем, состав минералов в воде, необходимых для жизнедеятельности человека, должен быть сохранён при её обработке.

Одним из наиболее перспективных и экологически чистых способов нормализации свойств воды является ее обработка постоянным или переменным электромагнитным полем, приводящая концентрацию железа и железосодержащих примесей к уровню требуемых норм. В процессах магнитной обработки частицы, обладающие ферромагнитными свойствами, при достаточно неоднородном магнитном поле выполняют "транспортную" функцию, увлекая при осаждении другие примесные частицы и ионы, что обеспечивает глубокую очистку жидкости.

Решение проблемы накипеобразования оказалось возможным в новых системах нагрева, созданных на основе индукционного метода преобразования электрической энергии в тепловую [1].

При эксплуатации первых образцов нагревателей индуктивно-кондуктивного типа для систем отопления и горячего водоснабжения жилых зданий экспериментально обнаружено новое свойство создавать объёмную коагуляцию взвешенных в воде частиц и растворять ранее сформировавшиеся отложения накипи на стенках трубопроводов и радиаторов. Совместное действие на воду теплового потока и электромагнитного поля обеспечивает условия объёмной коагуляции взвешенных в воде частиц без отложений и накипеобразования на нагревающих поверхностях. Продукты соединений различных химических элементов формируются в виде мелкодисперсного порошка в объеме жидкости без отложения накипи на внутренних поверхностях трубопроводов и радиаторов системы отопления и легко отделяются в отстойник. Одновременно с этим, во всей системе нагрева исключено формирование гальванических пар постоянного тока, способствующих возникновению коррозионных центров [2].

Это позволило сформировать гипотезу, что интенсивность объёмной коагуляции взвешенных в воде частиц будет увеличиваться при нагреве воды с одновременной обработкой сильными электромагнитными полями. Появляется возможность создания принципиально нового вида электротехнического оборудования — установок индуктивно-кондуктивного типа для переработки жидких промышленных отходов, опреснения воды (включая и морскую воду), удаления из воды накипеобразующих примесей при водоподготовке для использования в энергетике, обработке воды в пищевой промышленности при изготовлении напитков, в строительной индустрии (для приготовления бетонов) и других технических целей [3]. Анализ технических особенностей нового

оборудования индуктивно-кондуктивного типа позволяет сделать вывод, что задача оптимизации конструктивных решений установок индуктивно-кондуктивного типа для нагрева и омагничивания возможна путём исследования взаимосвязанных процессов нагрева жидкостей и одновременной обработки интенсивными электромагнитными поля [4].

Целью проекта является создание высокоэффективного и экологически чистого агропромышленного предприятия для производства зеленных культур на северо-востоке России при использовании новейших термомагнитных способов и устройств воздействия на окружающую среду. В соответствии с этой целью формулируются следующие задачи:

- анализ конструкций аппаратов омагничивания воды;
- анализировать область применения устройств магнитной обработки воды;
- исследование метода расчета устройств омагничивания воды.
- выращивание культуры методом гидропоники, методом пропускания омагниченной воды в систему для взращивания.

Таким образом, используя сравнительно малую энергию постоянных магнитов можно существенно изменить структуру жидкости, осуществив фазовый переход второго рода, то есть без изменения агрегатного состояния жидкости.

Изменение некоторых базовых свойств воды в результате магнитной обработки:

Вязкость на 3-4%.

Поверхностное натяжение на 10-13%.

Электрическая проводимость на 7-26%.

Удельная теплоемкость на 3-4%.

Скрытая теплота парообразования на 10-40%.

Магнитная восприимчивость в 2-4раза.

В сельском хозяйстве омагниченная вода широко распространена именно в растениеводстве. Также ее применяют в животноводстве, птицеводстве и рыбоводстве.

Основной задачей при выращивании сельскохозяйственных культур является обеспечение их водой, особенно в регионах с засушливым климатом. Знание физиологических основ водного режима позволяет правильно разработать схемы обеспечения растений водой и подобрать необходимое оборудование для управления водоподачей. Усвоение воды растениями происходит на наноуровне разными структурами клетки. Вода является самым востребованным веществом, участвующем во всех физиологических процессах. Вода связывает клетки и ткани организма в единое целое, участвует в построении и упорядочивании мембранных структур. Она является растворителем и участвует во многих биохимических процессах. При фотосинтезе она является донором электронов и протонов, используемых на восстановительные биосинтезы. Ее молекулы принимают участие в окислительных процессах.

В тканях растений омагниченная вода может находиться в свободном и связанном состояниях. Свободная вода отличается высокой подвижностью и не имеет каких-либо примесей. Связанная вода имеет ограниченную подвижность и служит растворителем. Она связана осмотическими, коллоидными и капиллярными взаимодействиями. Количество связанных ионов с омагниченной водой в листьях может быть достаточно большим, на что указывает высокая водоудерживающая способность листьев.

У растений формируется связь между влагой в почве и внутри тканей. При недостатке воды в почве у растений начинается завядание, сопровождающееся целым рядом физиологических нарушений. У завядающих растений повышается температура листьев, ослабляется процесс фотосинтеза, ухудшается использование питательных веществ, задерживаются процессы роста. Даже кратковременное завядание не проходит для растения бесследно. Об этом наглядно свидетельствует тот факт, что обнаружившиеся при завядании торможение роста оказывается довольно длительным; даже после возобновления нормального обеспечения водой этот процесс восстанавливается далеко не сразу. Согласно теории фотосинтетической продуктивности, все процессы жизнедеятельности растения обеспечиваются энергией за счет фотосинтеза. Количественные характеристики этого

процесса зависят от ряда факторов (температуры окружающей среды, светового режима и др.), но особое место занимает физиологическое состояние воды в тканях, так как ее молекулы участвуют в обеспечении атомами водорода. Исходным материалом для процесса фотосинтеза служат 6 молекул углекислого газа, 12 молекул воды и 2826 единиц энергии (джоулей). Увеличение фотосинтетической активности овощных культур рассматривается как повышение их продуктивности. Величину чистой продуктивности фотосинтеза листьев салата латука и лука репчатого определяли в вариантах полива растений омагниченной и обычной водой. В среднем различия между сортами по величине чистой продуктивности фотосинтеза были невелики и составляли г/сутки. Однако у обоих изучаемых культур выявлено положительное влияние омагниченной воды на продуктивность фотосинтеза.

Влияние ферромагнитных частиц на процессы кристаллизации и образования накипи имело определенное экспериментальное обоснование - предотвращение накипи и снижение коррозии металлов. Это особенно заметно в циркуляционных системах. На внутренней поверхности металла образуется пленка магнетита черного цвета, предохраняющая от коррозии.

Кроме отмеченного выше эффекта, в жидкости, помещенной в неоднородное магнитное поле, возникает выталкивающая сила, действующая на находящиеся в жидкости частицы, которые имеют магнитную восприимчивость, отличающуюся от магнитной восприимчивости жидкости [5,7].

$$f_{m=(\chi_m - \chi_{жс}) \times H \times \text{grad}H \quad (1)$$

где χ_m и $\chi_{жс}$ - объемная магнитная восприимчивость твердой и жидкой фаз.

Если смесь состоит из частиц, отличающихся друг от друга магнитными восприимчивостями, то в неоднородном магнитном поле будет идти расслоение частиц в зависимости от их магнитных восприимчивостей, изменение относительной скорости движения этих частиц и их сближения, способствуя созданию центров кристаллизации. Кроме того, в воде обычно содержится значительное количество загрязняющих примесей. Обладая большой удельной поверхностью они аналогично ядрам мицелл адсорбируют на своей поверхности, находящиеся в воде ионы одного знака, а затем другого (противоположного). При достаточно малых коллоидных размерах твердых частиц силы диффузии преобладают над силами тяжести, и частицы остаются во взвешенном состоянии [5].

Следует подчеркнуть, что во всех случаях при обсуждении результатов опытов, проводимых с добавками растворов солей железа или тонкого порошка магнетита, не учитывается два важных обстоятельства:

- 1) вместе с указанными примесями в воду неизбежно вводятся ионы железа и другие ионы, поэтому существенно изменяется ионный состав среды и
- 2) вокруг намагниченных ферро- и парамагнитных частиц образуются магнитные поля, которые могут существенно влиять на близлежащую воду.

Взаимодействие электромагнитных полей с ионами водных растворов является одним из наиболее важных теоретических вопросов магнитной обработки водных систем, рассматриваемых во многих работах [3,4,6].

При движении раствора в магнитном поле возникает противоположное циклотронное перемещение катионов и анионов под действием силы Лоренца, являющееся основным фактором, действующим на ионы. Эта сила определяется уравнением:

$$F = k \times q \times u \times H \times \sin \alpha \quad (2)$$

где F - сила Лоренца; q - заряд иона; u - скорость перемещения иона; H - напряженность магнитного поля; α - угол между направлением магнитного потока и направлением движения иона; k - коэффициент пропорциональности.

При взаимном перемещении магнитного поля и жидкости возникает магнитофорез - направленное анизотропное движение ионов внутри раствора (дрейф ионов), вызываемое силами Лоренца. Дрейф ионов может повышать вероятность взаимодействия катионов и анионов вследствие уменьшения между ними расстояния. Согласно же теории активных

соударений Аррениуса, вероятность ассоциации ионов пропорциональна степени и длительности их сближения. Значительную роль могут играть большие ускорения движения ионов в начальный момент вхождения в магнитное поле, особенно высокоградиентное. При таком ускорении дальняя гидратация ионов может на какое-то мгновение уменьшиться, что также способствует взаимодействию противоположно заряженных ионов [6].

Таким образом, временное изменение магнитной обработкой дальней гидратации ионов в водных системах может явиться одним из существенных механизмов регулирования физико-химических свойств последних.

Изменение структуры водных растворов при воздействии магнитного поля на ионы.

Воздействию слабых магнитных полей подвержены, прежде всего, те молекулы воды, связь которых с другими чем-либо ослаблена. Возможно, что отсутствие учета степени нарушения структуры воды перед ее магнитной обработкой является одной из причин плохой воспроизводимости лабораторных опытов.

Воздействие магнитного поля на газы, растворенные в воде

В воде практически всегда содержатся растворенные газы, определяющие ее структуру. С уменьшением содержания газа изменяются многие ее физико-химические свойства. Макроскопическое проявление действия магнитного поля на перемещение парамагнитного кислорода в газовой среде применяется и для изменения концентрации кислорода, растворенного в воде.

Воздействие магнитного поля на структуру самой молекулы воды

Лычагин Н.И. обосновывает возможность уменьшения магнитным полем валентного угла молекулы воды - более, чем на 2° . Это может привести к увеличению дипольного момента молекулы и взаимодействию между молекулами с укрупнением их агрегатов. Принципиально новый подход к влиянию магнитного поля на структуру собственно воды содержится в работе Яшкичева В.И. В качестве исходной модели воды он рассматривал беспорядочный, с дефектами высоко напряженный каркас из водородных связей, заполняющий пространство единообразно (вода является как бы гигантской трехмерной молекулой). «Эти молекулы образуют «квазидефекты» различного строения, которые можно рассматривать как своеобразные активные радикалы». В итоге, магнитное поле является некоторым аналогом катализатора, влияющего на структуру воды и ее гидратационную способность вплоть до изменения знака эффекта [7]. Обычно отмечается сложная зависимость эффектов от характеристики магнитного поля. Чаще всего при достаточно малом шаге напряженности магнитного поля наблюдается полиэкстремальная зависимость. В ряде случаев кривая эффект - напряженность поля имеет один максимум. В последние годы выявлено значительное влияние таких характеристик магнитного поля, как градиент напряженности и частота, на эффект омагничивания.

Как показано выше, все рассмотренные возможные механизмы влияния магнитного поля на водные системы направлены на решение таких технических задач промышленного производства, как борьба с накипеобразованием, очистка и осветление воды и др., но не рассматривают причины активации воды, применяемой в сельском хозяйстве и особенно для целей орошения. Рассматривая все существующие гипотезы о механизме действия магнитных полей на водные системы, можно прийти к следующим выводам. Реальная вода всегда содержит примеси различных веществ, в том числе газов, являясь микрогетерогенной системой. Она представляет собой открытую систему, обменивающую со средой не только энергией, но и веществом, и не может рассматриваться как равновесная. Ей свойственны замедленные структурные переходы. При воздействии магнитных полей на водные системы возникает комплекс сложных и взаимноусложняющихся явлений. Все гипотезы (за исключением гипотез об изменениях абсолютно чистой воды) имеют определенное экспериментальное обоснование и в той или иной мере соответствуют практическому опыту. Вместе с тем, не все гипотезы позволяют полностью объяснить разнообразные накопленные сведения. При магнитной обработке водной системы действительно сообщается очень мало энергии. Поэтому ее энергетическое состояние после магнитной обработки не может

существенно возрастать. В этой сложной обстановке единственно правильным, по мнению Классена В.И., является анализ гипотез с выявлением основной причины, всегда существующей и всегда действующей определенным образом. Тогда приходится признать вероятность того, что главной причиной может быть изменение структуры водной системы, ее активации, а все остальные факторы лишь усиливают и стабилизируют эти изменения. Остается предположить, что влияние магнитного поля связано с такими превращениями системы, при которых ее энергия изменяется незначительно. Другими словами, мы имеем дело с метастабильной системой, поэтому главное внимание должно уделяться энергетическому барьеру, для преодоления которого необходимо системе сообщить некоторую энергию, равную энергии активации. Известно, что энергию активации можно существенно изменить ничтожным воздействием на систему (примером является катализ). Следовательно, необходимо теоретически подтвердить принципиальную возможность того, что ничтожным временным воздействием на водную систему магнитного поля можно значительно изменить энергию активации процессов, протекающих в этой системе.

Магнитное поле представляет собой особую форму движения материи, посредством которого осуществляется связь и взаимодействие между потоками электрических зарядов. Магнитное поле проявляет себя силами притяжения движущихся разноименных зарядов и однонаправленных токов и наоборот, силами отталкивания одноименных движущихся зарядов и разнонаправленных токов. Магнитные свойства различных веществ, в том числе и входящих в состав тканевых структур организма, обусловлены вращением электронов на их орбитах и внутренним моментом их движения (спином). Именно это движение электронов и характеризует своей величиной магнитный момент. По отношению к МП вещества могут быть подразделены на диамагнитные и парамагнитные. В диамагнитных веществах (некоторые металлы - висмут, серебро, а также неметаллы - сера, углерод, вода, большинство органических веществ, в частности - углеводы и белки) магнитные моменты электронов разнонаправлены, взаимно нивелируются и не образуют общего магнитного момента атома или молекулы. Вещества, входящие в состав ткани живого организма, относятся к группе диамагнитных. Магнитная проницаемость различных тканей близка к единице, т.е. практически сопоставима с таковой вакуума. В связи с этим, как считалось раньше, внешнее магнитное поле не оказывает избирательного действия на различные тканевые структуры.

По мере развития промышленного производства, науки, космонавтики, и т.д. человек все чаще сталкивается с биологическими действиями магнитного поля на живые организмы. Накопленные в биологической науке данные убедительно свидетельствуют в пользу применения постоянного, а по мнению некоторых авторов и переменного магнитного поля, контролирующего биологические процессы. Магнетизм является универсальным явлением окружающего нас мира, определяющим как жизненные условия, так и саму жизнь на планете Земля. Овладев секретом получения искусственного магнитного поля, человечество получило рычаги восстановления экологического равновесия. В марте 1820 года датский физик Эрстед обнаружил магнитное действие тока. А уже в октябре этого же года французский физик Арго использовал это явление для получения искусственных постоянных магнитов. С тех пор человечество накопило огромный опыт прикладного использования постоянных магнитов. Если в опыте Эрстеда магнитное поле получено с помощью проводника с током, то в обрабатываемом в магнитном приборе веществе мы получаем электрический ток с помощью магнитных полей постоянных магнитов. Одна из особенностей нашей планеты заключается в том, что вокруг нее существует электрическое поле. Земная поверхность и ионосфера представляют собой как бы обкладки гигантского сферического конденсатора и, следовательно, жизнь зародилась в условиях постоянного действия электрического (а, следовательно, и магнитного) поля [8].

Жизнь возникла и продолжает свое развитие в условиях их постоянного воздействия. Теория процессов, реализуемых магнитными системами. Если жидкость движется в магнитном поле, то на заряженные частицы, присутствующие в жидкости, будет действовать

сила Лоренца, которая направлена перпендикулярно направлению движения заряженных частиц и направлению магнитного поля:

$$F=q;[V;B] \quad (3)$$

где: q - электрический заряд;

B - вектор магнитной индукции;

V - вектор скорости.

При определенных значениях скорости и магнитной индукции изменяется энтропия жидкости (структура) за счет возникновения такого явления, как фазовый переход второго рода. Он инициируется методом магнитогидродинамического резонанса. Суть метода, на примере воды, состоит в следующем. Вода представляет собой раствор, то есть систему электрозаряженных частиц. Эти частицы взаимодействуют между собой, образуя кластеры случайного размера и состава. Но каждая частица в кластере обладает тепловым движением. Как следствие, она имеет определенную вероятность выйти из состава кластера, когда сила Кулоновского взаимодействия с ближайшими соседями окажется незначительной. По этой же причине любая частица, находящаяся вне кластера, может войти в его состав. Таким образом, между кластерами существует динамическое равновесие, то есть они непрерывно обмениваются частицами. Каждая частица совершает колебания вокруг положения равновесия с определенной частотой. Если заставить двигаться воду (систему кластеров) в электромагнитном поле, то возникающая при этом сила Лоренца будет стремиться изменить траекторию колебания частиц. Начнем менять вектор силы Лоренца с определенной частотой, изменяя магнитную индукцию и скорость движения кластеров в магнитном поле. Когда частота изменения внешней, действующей на систему колеблющихся частиц, силы окажется резонансной собственной частоте колебания частицы, частица отклонится от положения равновесия на величину, которая превысит некоторое критическое расстояние, при удалении на которое сила электрического взаимодействия не сможет удержать частицы в кластере, он разрушится. Изменится функция распределения кластеров по размеру, изменится энтропия (структура), изменятся теплофизические и другие свойства воды.

Таким образом, используя сравнительно малую энергию постоянных магнитов можно существенно изменить структуру жидкости, осуществив фазовый переход второго рода, то есть без изменения агрегатного состояния жидкости.

Изменение некоторых базовых свойств воды в результате магнитной обработки:

Вязкость на 3-4%.

Поверхностное натяжение на 10-13%.

Электрическая проводимость на 7-26%.

Удельная теплоемкость на 3-4%.

Скрытая теплота парообразования на 10-40%.

Магнитная восприимчивость в 2-4раза.

В сельском хозяйстве омагниченная вода широко распространено именно в растениеводстве. Также ее применяют в животноводстве, птицеводстве и рыбоводстве.

Основной задачей при выращивании сельскохозяйственных культур является обеспечение их водой, особенно в регионах с засушливым климатом. Знание физиологических основ водного режима позволяет правильно разработать схемы обеспечения растений водой и подобрать необходимое оборудование для управления водоподачей. Усвоение воды растениями происходит на наноуровне разными структурами клетки. Вода является самым востребованным веществом, участвующем во всех физиологических процессах. Вода связывает клетки и ткани организма в единое целое, участвует в построении и упорядочивании мембранных структур. Она является растворителем и участвует во многих биохимических процессах. При фотосинтезе она является донором электронов и протонов, используемых на восстановительные биосинтезы. Ее молекулы принимают участие в окислительных процессах.

В тканях растений омагниченная вода может находиться в свободном и связанном состояниях. Свободная вода отличается высокой подвижностью и не имеет каких-либо

примесей. Связная вода имеет ограниченную подвижность и служит растворителем. Она связана осмотическими, коллоидными и капиллярными взаимодействиями. Количество связанных ионов с омагниченной водой в листьях может быть достаточно большим, на что указывает высокая водоудерживающая способность листьев.

У растений формируется связь между влагой в почве и внутри тканей. При недостатке воды в почве у растений начинается завядание, сопровождающееся целым рядом физиологических нарушений. У завядающих растений повышается температура листьев, ослабляется процесс фотосинтеза, ухудшается использование питательных веществ, задерживаются процессы роста. Даже кратковременное завядание не проходит для растения бесследно. Об этом наглядно свидетельствует тот факт, что обнаружившиеся при завядании торможение роста оказывается довольно длительным; даже после возобновления нормального обеспечения водой этот процесс восстанавливается далеко не сразу. Согласно теории фотосинтетической продуктивности, все процессы жизнедеятельности растения обеспечиваются энергией за счет фотосинтеза. Количественные характеристики этого процесса зависят от ряда факторов (температуры окружающей среды, светового режима и др.), но особое место занимает физиологическое состояние воды в тканях, так как ее молекулы участвуют в обеспечении атомами водорода. Исходным материалом для процесса фотосинтеза служат 6 молекул углекислого газа, 12 молекул воды и 2826 единиц энергии (джоулей). Увеличение фотосинтетической активности овощных культур рассматривается как повышение их продуктивности. Величину чистой продуктивности фотосинтеза листьев салата латука и лука репчатого определяли в вариантах полива растений омагниченной и обычной водой. В среднем различия между сортами по величине чистой продуктивности фотосинтеза были невелики и составляли г/сутки. Однако у обоих изучаемых культур выявлено положительное влияние омагниченной воды на продуктивность фотосинтеза.

На рисунке 1 приведён чертеж расчетной конструктивной схемы устройства, содержащий тороидальный трансформатор с первичной обмоткой 1, намотанной на сердечник 2 из электротехнической стали. Концентрические электропроводящие цилиндры 3 и 4 образуют вторичную короткозамкнутую обмотку трансформатора. Цилиндр 3 электрически разделен на две части и соединен диэлектрической втулкой для герметизации пространства с жидкостью. Цилиндр 4 замыкает торцы цилиндра 3 и служит для создания вторичного контура и основного воздействующего магнитного потока на жидкость.

Трубки 5 охватывают магнитопровод 2 с обмоткой 1 и соединены с цилиндром 3 так, чтобы образовать замкнутый вторичный контур трансформатора. Патрубки 6 и 7 предназначены для подвода и отвода омагничиваемой жидкости.

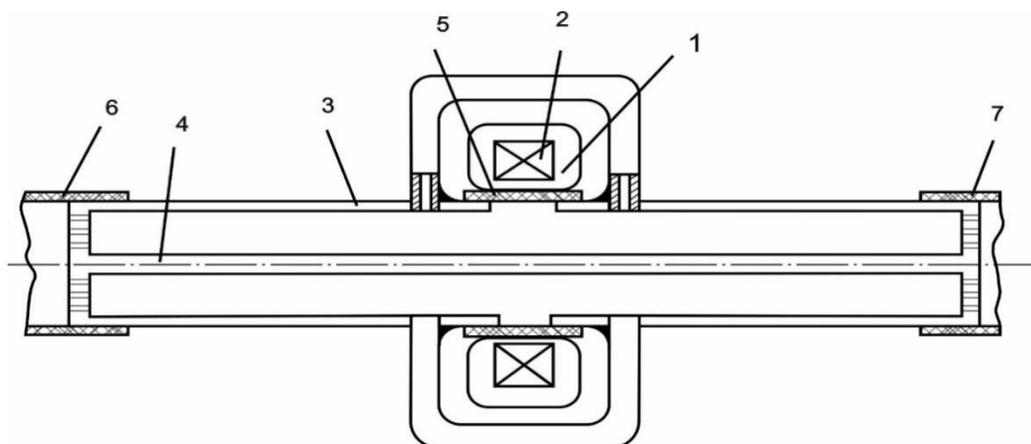


Рисунок 1. Конструктивная схема устройства омагничивания до модернизации.

При работе устройство подключается к промышленной сети переменного тока. В магнитопроводе 2 появляется первичный переменный магнитный поток. Во вторичном контуре, образованном цилиндрами 3 и 4 наводится значительный индукционный ток. В

пространстве между цилиндрами 3 и 4, заполненном жидкостью, создается мощное вторичное переменное магнитное поле. Напряженность этого поля направлено перпендикулярно движению жидкости, действие которого вызывает омагничивание воды. Максимальное значение магнитного поля в активной зоне определяется величиной тока (порядка нескольких килоампер) вторичной цепи и может достигать уровня 20 кА/м при современных материалах и требуемых скоростях потока жидкости.

Вторичное магнитное поле сосредоточено в пространстве между цилиндрами 3 и 4, заполненном жидкостью, и не нарушает состояние окружающего пространства. Это обстоятельство повышает электромагнитную совместимость устройства, снижает потери энергии и улучшает энергетические характеристики. Для эффективного функционирования устройства необходимо создать:

- равномерный уровень электромагнитных нагрузок по цилиндрическим слоям активной зоны намагничивания;
- максимально приблизить к единице коэффициент преобразования электроэнергии.

Программа исследования.

Дистиллированная вода под влиянием магнитного поля, приобретает особую структуру на уровне взаимодействия однородных молекул. Она из хаотичного перестраивается в структурное состояние, которое позволяет свободней и интенсивней проникать через каналы биологических мембран и оболочек.

Технология омагничивания воды для роста салатной культуры:

1. Вымачивание торфяных таблеток в воде (часть в обычной, часть в омагниченной);
2. Посадка семян в вымоченные торфяные таблетки;
3. Размещение таблеток с семенами в ячейки пластиковых лотков (лотки 54 ячейки, размеры 51 x 31 x 6 см.);
4. Загрузка лотков с семенами на стеллажи в камере проращивания (влажность свыше 90%, температура около 25°C, полная темнота. Габаритные размеры камеры 1,5 x 1,2 x 2,5 м.);
5. Через 3 суток пророщенные семена выкладываются на столы-ванны (основа деревянная с покрытием из ПВХ, ножки металлические, габаритные размеры 3 x 1,5 x 0,6 м; глубина 10 см. Имеется система полива и отвода воды);
6. Растения периодически поливаются водой с удобрениями (часть омагниченной водой, часть простой), периодичность зависит от скорости усваивания влаги растениями.
7. Освещение газоразрядными натриевыми лампами мощностью 400 Вт со световым потоком 46000 Лм периодически отключается для имитации смены времени суток
8. Омагничивание воды производится прокачкой воды через индуктивно-кондуктивный нагреватель с одновременным нагревом в течение 2-3 часов. Омагниченность воды держится в течение 72 часов. Мощность нагревателя 1 кВт, напряжение 220 В.
9. Для увлажнения воздуха в камере проращивания и в помещении применяется промышленный ультразвуковой увлажнитель воздуха ПУ-1200 УП мощностью 150 Вт и производительностью тумана 1,2 кг/ч

Следующее исследование заключалось в изучении влияния омагниченной воды на проращивание набухших семян, рост и развитие растений гороха. Семена гороха после набухания в омагниченной воде (опыт) и отдельно в дистиллированной воде (контроль) были высажены в одной почве на подносе.

Всходы семян, набухшие в омагниченной воде, появились на 3-4 дня раньше, чем семена, находившиеся в дистиллированной воде, а также опытные ростки были ровнее и

имели более развитый стебель и корневую систему, чем в контроле. Высушенные растения были разделены на составные части и взвешены на торсионных весах. Средняя масса стебля с листьями у растений из семян при осмосе омагниченной дистиллированной воды в 1,95 раза больше, чем у растений, выращенных при осмосе в дистиллированной воды. По массе корней разница составляет 2,24 раза, а по остаткам семян – 1,44 раза. Эти результаты согласуются с данными многих исследователей.

Для проращивания были взяты две группы семян салатной культуры – экспериментальную и контрольную, по 50 семян в каждой. Проращивали семена путем вымачивания торфяных таблеток в воде (часть в обычной, часть в омагниченной). Затем производили посадку семян в вымоченные торфяные таблетки. В пластиковые лотки (50 ячеек) размером 51 x 31 x 6 см размещали торфяные таблетки с семенами. Загрузка лотков с семенами производилась на стеллажи в камере проращивания (влажность свыше 90%, температура около 25°C, полная темнота. Габаритные размеры камеры 1,5 x 1,2 x 2,5 м.). Через 3 суток пророщенные семена выкладываются на столы-ванны (основа деревянная с покрытием из ПВХ, ножки металлические, габаритные размеры 3 x 1,5 x 0,6 м; глубина 10 см (организовали система полива и отвода воды). Растения периодически поливаются водой с удобрениями (часть омагниченной водой, часть простой), периодичность зависит от скорости усваивания влаги растениями. Освещение газоразрядными натриевыми лампами мощностью 400 Вт со световым потоком 46000 Лм периодически отключается для имитации смены времени суток. Омагничивание воды производилось прокачкой воды через индуктивно-кондуктивный нагреватель с одновременным нагревом в течение 2-3 часов. Омагниченность воды держится в течение 72 часов. Мощность нагревателя 1 кВт, напряжение 220 В.

Для увлажнения воздуха в камере проращивания и в помещении применяется промышленный ультразвуковой увлажнитель воздуха ПУ-1200 УП мощностью 150 Вт и производительностью тумана 1,2 кг/ч.

Технологическая схема линии гидропонной технологии на основе омагничивания воды (2-11)

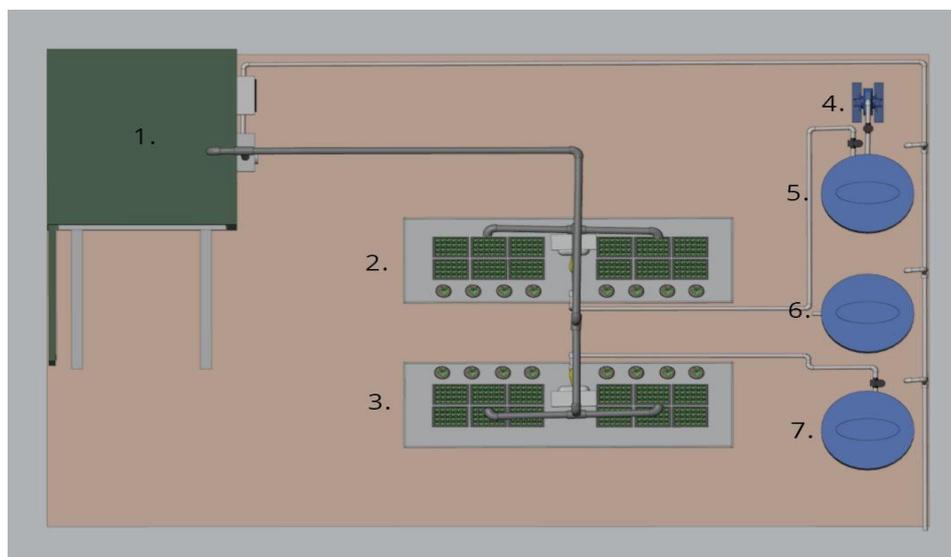


Рисунок 2. 3D модель теплицы.

1-Камера проращивания;

2,3-Лотки с пророщенными в камере роста семенами впоследствии выкладываются на специально изготовленные столы, габаритные размеры которых 3 x 1,5 x 0,6 м

4- Индуктивно-кондуктивный нагреватель

5- Емкость для «омагниченной» воды

6- Емкость для приготовления для приготовления питательных растворов (удобрения, подкормка и т.п.)

7-Емкость для «простой» воды.



Рисунок 3. Торфяные таблетки.



Рисунок 4. Стадии взращивания.



Рисунок 5. Камера проращивания.



Рисунок 6. Увлажнитель воздуха ПУ – 1200УП.

Параметры температуры и влажности контролируются на выносном блоке управления, датчики температуры и влажности находятся внутри камеры



Рисунок 7. Блок управления.



Рисунок 8. Лотки с пророщенными в камере роста семенами впоследствии выкладываются на специально изготовленные столы, габаритные размеры которых 3 x 1,5 x 0,6.



Рисунок 9. Индуктивно-кондуктивный нагреватель мощностью 1 кВт, с напряжением 220 В.

Водяной контур находится между двумя катушками



Рисунок 10. Емкости для воды: Дальняя емкость для «омагниченной» воды, средняя для приготовления питательных растворов (удобрения, подкормка и т.п.), ближняя для «простой» воды.



Рисунок 11. Газоразрядные натриевые лампы, мощностью 400Вт, световой поток 46000 Лм.

Таблица 1

Результаты эксперимента.

№п/п	Дни наблюдения, группа	(Всего семян/набухших семян)	(Всего семян/набухших семян)
1	Контрольная	50/22	50/28
2	экспериментальная	50/32	50/45

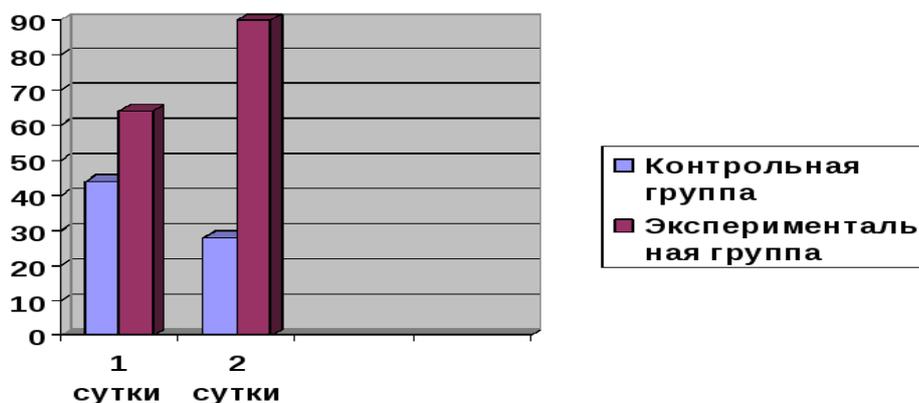


Рисунок 12. График сравнения контрольной и экспериментальной группы (2 суток).

Таблица 2

Экспериментальные данные по проращению семян (кол-во шт.).

Дни Наблюдения Группа	1 (Всего семян/ проросших семян)	2 (Всего семян/ проросших семян)	3 (Всего семян/ проросших семян)	4 (Всего семян/ проросших семян)	5 (Всего семян/ проросших семян)	6 (Всего семян/ проросших семян)
Контрольная	50/0	50/0	50/8	50/25	50/29	50/33
Экспериментальная	50/0	50/3	50/13	50/38	50/40	50/45

Проращение семян (кол-во шт.)

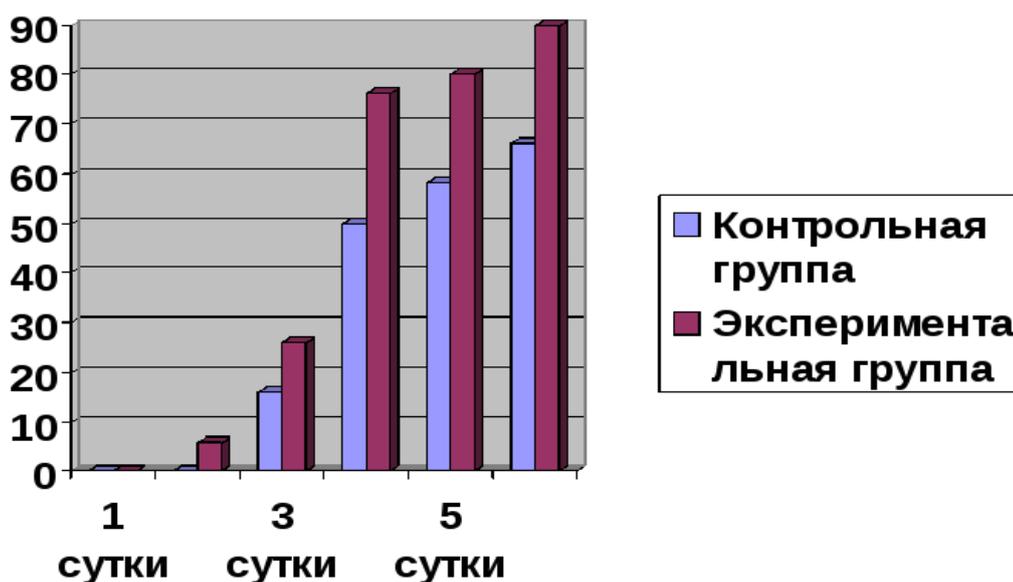


Рисунок 13. График сравнения контрольной и экспериментальной группы (5 суток).

Таблица 3

Экспериментальные данные по росту длины корешков проростков.

Длина корешков проростков	Мелкие (3-5 мм) (кол-во/ в % к проросшим семенам)	Средние (6-10 мм) (кол-во/ в % к проросшим семенам)	Крупные (более 10 мм) (кол-во/ в % к проросшим семенам)
Группа			
Контрольная	12/36,4	10/30,3	11/33,3
Эксперимен-тальная	15/33,3	14/31,1	16/35,6

Следовательно, омагниченная вода по сравнению с обычной, оказывает заметное положительное действие на прорастание, рост и развитие растения гороха. Однако факторы обменных процессов, которые стимулируются омагниченной дистиллированной водой, остаются мало или почти не изученными. После получения описанных выше результатов была выдвинута гипотеза: вода, подвергнутая воздействию магнитного поля, приобретает свойства катализатора некоторых биохимических процессов в организме. Косвенным доказательством данной гипотезы являлась разность масс между опытными и контрольными образцами. Для получения более достоверных результатов были проведены дополнительные эксперименты. Таким образом, за одинаковый период проращивания более интенсивно проходило набухание семян и их прорастание при замачивании в омагниченной воде. А также при использовании омагниченной воды формируются более длинные корешки проростков. На основании проведенных экспериментальных наблюдений установлено, что омагниченная вода обладает большей ростостимулирующей активностью по сравнению с питьевой водой и способствует накоплению биологически активных веществ, ускоряющих и усиливающих прорастание семян.

Заключение

По результатам лабораторных опытов по изучению физических свойств омагниченной воды, в частности, интенсивности осмоса омагниченной дистиллированной воды и дистиллированной воды воздушно-сухими семенами установлено, что омагниченная вода, приобретая структурированное состояние, в 1,5-1,8 раза активнее поступает через водные каналы биомембран в первые 3,5 часа осмоса. Омагниченная дистиллированная вода в семенах растений (салатная культура) оказывает заметное положительное действие на прорастание, рост и развитие составных частей растений. Кресс-салат, семена которого при посадке поливались омагниченной водой, при прорастании показал интенсивный прирост зеленой массы: если при поливе простой водой ростки салат имеют 2 листа, то ростки, обработанные омагниченной водой, имеют 6 листьев при прочих равных условиях. В рамках проекта выполнены исследования по разработке термомагнитных аппаратов для интенсивного роста растений в условиях Крайнего Севера, изучено их действие, проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях с помощью опытно-промышленной установки. Внедрена система индуктивно-кондуктивного обогрева с одновременным омагничиванием грунта, орошаемой воды и воздуха зимних теплиц (в рамках проекта). Для ускорения проращивания семян использовалась камера проращивания. При отсутствии освещения, при влажности выше 90% и температуре около 25°C проращивание семян происходит за 3 суток, против 7-10 дней в обычных условиях. Параметры температуры и влажности контролируются на выносном блоке управления, датчики температуры и влажности находятся внутри камеры.

1. Трофимова, В. С. Комбинированная гелиоэлектрическая система отопления с электромагнитным подогревателем / В. С. Трофимова, Г. Е. Кокиева // Современные проблемы и достижения аграрной науки в Арктике : Сборник научных статей по материалам Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием в рамках «Северного форума – 2020» (29–30 сентября 2020 г., Якутск) и Международной научной онлайн летней школы – 2020 (6–20 июля 2020 г., Якутск), Якутск, 06 июня – 30 2020 года. – Якутск: Ставропольский государственный аграрный университет, 2020. – С. 40-49.

2. Елшин, А. И. Расчет параметров схемы замещения индуктивно-кондуктивного нагревателя / А. И. Елшин, В. В. Кожухов, П. А. Елшин // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2020. – № 4(49). – С. 7-16. – DOI 10.17212/1727-2769-2020-4-7-16.
3. Elshin, A. I. The induction device for the electromagnetic processing of a liquid / A. I. Elshin, S. U. Ivlikov // Proceedings - 6th Russian-Korean International Symposium on Science and Technology, KORUS 2002 : 6, Novosibirsk, 24–30 июня 2002 года. – Novosibirsk, 2002. – P. 233-235. – DOI 10.1109/KORUS.2002.1028008.
4. Патент на полезную модель № 21709 U1 Российская Федерация, МПК H05B 6/10. Индукционный нагреватель жидкости : № 2001108130/20 : заявл. 27.03.2001 : опубл. 27.01.2002 / А. И. Елшин, В. М. Казанский.
5. Кокиева, Г. Е. Исследование управления микроклиматом теплицы / Г. Е. Кокиева, В. П. Друзьянова // Ларионовские чтения-2021 : Сборник научно-исследовательских работ по итогам научно-практической конференции, Якутск, 25 февраля 2021 года. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2021. – С. 194-198.
6. Кокиева, Г. Е. Система автоматизации управления микроклиматом теплицы / Г. Е. Кокиева, А. Б. Дабаев // Ларионовские чтения-2021 : Сборник научно-исследовательских работ по итогам научно-практической конференции, Якутск, 25 февраля 2021 года. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2021. – С. 139-143.
7. Кириллина, М. Ф. Исследование системы управления микроклиматом теплицы / М. Ф. Кириллина, Б. Е. Кокиев, Д. М. Ноев // Ларионовские чтения-2021: Сборник научно-исследовательских работ по итогам научно-практической конференции, якутск, 25 февраля 2021 года. – Якутск: издательский дом СВФУ, 2021. – с. 134-138.

РАЗДЕЛ V. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Максимова И.Н.

Оценка степени воздействия точности восприятия распоряжений на управление транспортным технологическим процессом

Уральский государственный университет путей сообщений
(Россия, Екатеринбург)

doi: 10.18411/sdntp-09-2022-05

Аннотация

Данная работа посвящена оценке степени воздействия точности восприятия распоряжений на управление транспортным технологическим процессом. Для оценки разборчивости речи применен метод Покровского. Разработан алгоритм оценки надежности приема на основе слоговой разборчивости речи. Проведена оценка времени реагирования в зависимости от надежности приема.

Ключевые слова: разборчивость речи, сигнал, форманта, время реагирования, надежность приема, продолжительность восприятия.

Abstract

This work is devoted to assessing the degree of impact of the accuracy of the perception of orders on the management of a transport technological percentage. To assess the intelligibility of speech, the Pokrovsky method was used. An algorithm for assessing the reliability of reception based on syllabic intelligibility of speech has been developed. The response time was estimated depending on the reliability of reception.

Keywords: speech intelligibility, signal, formant, response time, prima reliability, duration of perception.

Разборчивость речи - это относительное или процентное количество правильно принятых слушателями элементов речи из общего количества произнесенных. При этом под элементом речи понимаются ее составные части, такие как слоги, звуки, слова, фразы. Таким образом, можно выделить различные варианты разборчивости - слоговая, звуковая, словесная и смысловая разборчивость речи [1].

Все методы оценки разборчивости речи подразделяются на две основные группы – объективные (инструментальные) и субъективные.

В основе формантных методов лежит схожая методологическая основа и, следовательно, коэффициенты восприятия отличаются не существенно. В данной работе воспользуемся, одним из точных методов оценки точности приема информации данной группы - методикой оценки разборчивости речи Покровского [2].

В данной методике применяется понятие - форманта звука (двухмерная случайная величина, характеризуемая, средней частотой и уровнем интенсивности на данной частоте. Вероятность приема форманты зависит от одновременного наступления двух событий: оттого, что средняя величина форманты примет одно из значений внутри частотного диапазона, пропускаемого данным каналом связи, и от того, что уровень интенсивности форманты (на средней частоте) на выходе канала связи будет больше, или, по крайней мере, равен пороговому.

Для оценки формантной оценки разборчивости речи используется формула:

$$A = \sum_{i=1}^N a_i P(E_i)$$

где a_i — весовой вклад соответствующей частотной полосы в разборчивость; $P(E_i)$ — коэффициент восприятия формант; i — номер стандартной частотной полосы; N — число стандартных частотных полос, учитываемых при расчетах.

Коэффициент восприятия формант, который может быть выражен как функция от уровней сигналов и помехи, измеренных в частотных полосах, причем эти уровни могут быть измерены в дБ.

$$p(Y_{\min} \leq Y \leq Y_{\max} | x=x_k) = \int_{Y_{\min}}^{Y_{\max}} f(y/x_k) dy$$

Разборчивость речи, будет вычислена по формуле:

$$A = \int_{f_H}^{f_B} m(f) P[E(f)] df$$

где f_B , f_H – нижняя и верхняя границы частот речевого диапазона; $m(f)$ – распределение формант по частотному диапазону; $E(f)$ – уровень ощущения формант, который определяется отношением сигнал/помеха, P – коэффициент восприятия формант, который не зависит от частоты, а только от отношения сигнал/помеха.

Уровень ощущения формант определяется выражением:

$$E(f) = \frac{B_P(f)}{B_{\Phi}(f) B_{\Psi}(f)}$$

где $B_P(f)$ – спектр речевого сигнала, $B_{\Phi}(f)$ – отношение спектров речи и формант, $B_{\Psi}(f)$ – спектр помехи.

Для формантной оценки разборчивости речи используется формула:

$$A = \sum_{i=1}^N a_i P(E_i)$$

где a_i – весовой вклад соответствующей частотной полосы в разборчивость; $P(E_i)$ – коэффициент восприятия формант; i – номер стандартной частотной полосы; N – число стандартных частотных полос, учитываемых при расчетах.

Коэффициент восприятия формант, который может быть выражен как функция от уровней сигналов и помехи, измеренных в частотных полосах, причем эти уровни могут быть измерены в дБ.

На рисунке 1 приведен график зависимости слоговой разборчивости от разборчивости формант.

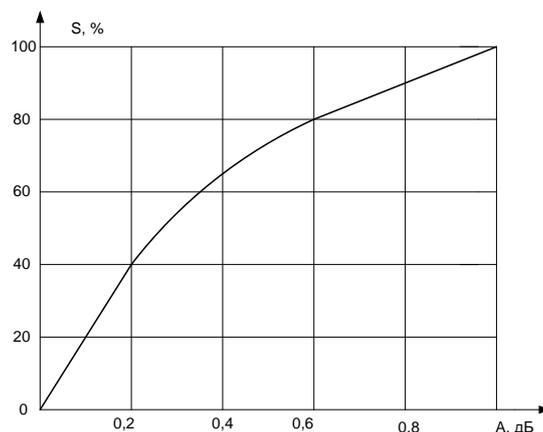


Рисунок 1. Зависимость слоговой разборчивости от разборчивости формант.

Слоговая разборчивость равна или более 85%, разборчивость речи считается отличной. Неудовлетворительной разборчивости речи (около 40% слоговой разборчивости) соответствует примерно 90% разборчивости фраз [3].

При фразовой разборчивости меньше $I_k = 0,9$ сеанс связи не может быть установлен, следовательно, переговоры не состоятся. При фразовой разборчивости 0,9, словесная разборчивость $W_k = 0,75$, разборчивость слогов $S_k = 0,38$, а разборчивость формант $A_k = 0,18$.

Следовательно, что при воздействии большинства видов помех, кроме простой аддитивной может произойти срыв сеанса связи. На рисунке 2 приказана зависимость

функции потери времени от фразовой разборчивости, а на рисунке от слоговой разборчивости.

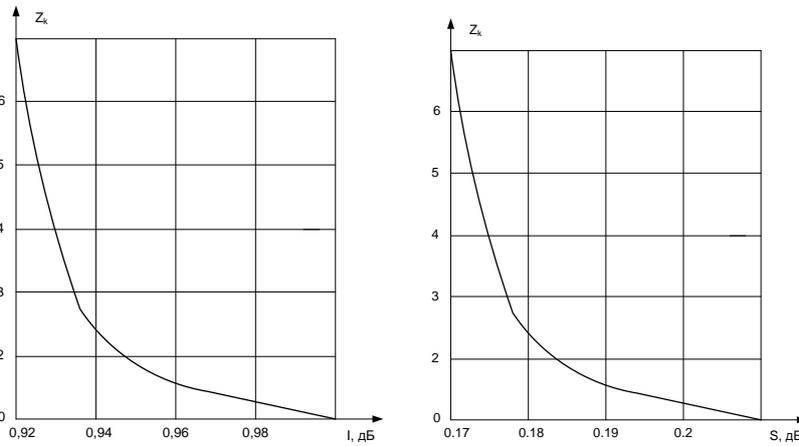


Рисунок 2. Зависимости функции потери времени от фразовой и слоговой разборчивости.

Для определения влияния мешающих воздействий на скорость реакции было произведено исследование. В качестве показателя надежности приема используется слоговая разборчивость, на рисунке 3 представлен алгоритм, применяемый для данной оценки [4,5].

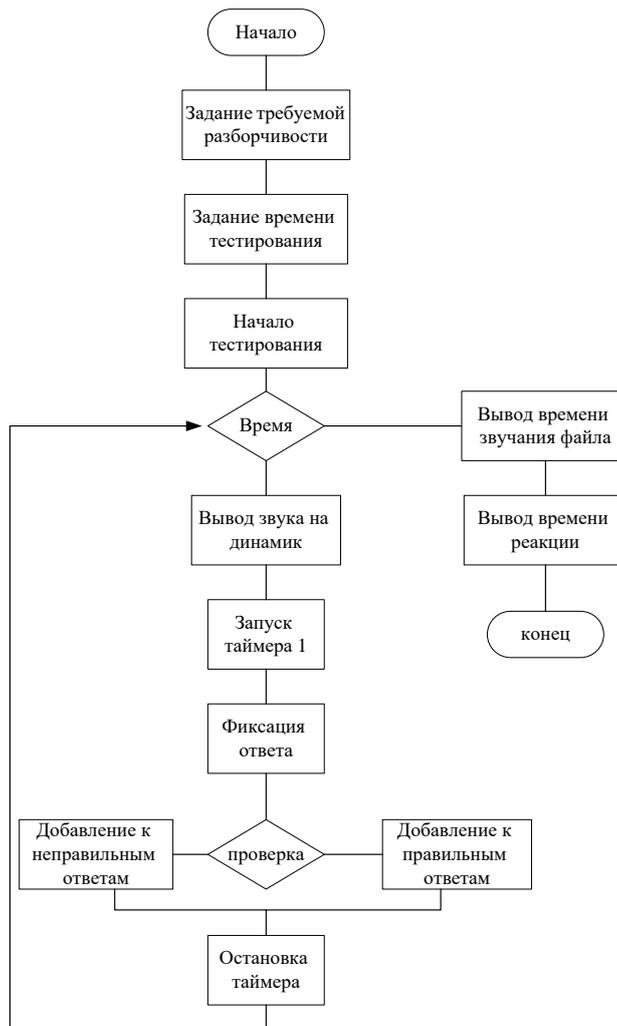


Рисунок 3. Алгоритм оценки влияния мешающих воздействий на скорость реакции.

В результат проведенного анализа, можно сделать вывод, что при разборчивости слогов S_k ниже 38%, необходима повторная передача командного сигнала. Также была определено среднее время передачи одного слога, которое составило 0,3277 с.

Время реагирования состоит из нескольких периодов, продолжительность которых колеблется довольно значительно: среднее время приема служебной информации (от 1 с до 7 с), продолжительность восприятия сигнала составляет, осмысления сигнала и принятия решения (0,01—2 с).

Следовательно, что при показателе надежности приема ниже 30 %, необходима будет повторная передача сигнала, и время приема служебной информации возрастет в 2 – 6 раз.

За каждую секунду при скорости 100 км/ч поезд проходит около 28 м, при 70 км/ч - около 20 м и при 40 км/ч - около 11 м. Даже при скорости 40 км/ч и общем времени реагирования 5—7 с тормозной путь локомотива удлинится на 50—80 м, а при скорости 100 км/ч почти на 200 м. При неоднократной повторной передаче командного сигнала (время реакции машиниста возрастает до 1 мин.) поезд пройдет расстояние до 250 м.

Таким образом, для обеспечения графика движения поездов, уменьшения времени простоя, увеличении участковой скорости и повышения эффективности систем управления транспортным технологическим процессом необходимо обеспечить показатель надежности приема распоряжений диспетчера не ниже 40.

1. Гавриленко А.В., Дидковский В.С., Продеус А.Н. Парциальные отношения сигнал-шум в роли критерия, альтернативного разборчивости речи. // Электроника и связь, №4, 2006. С.48-53
2. Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи. М.: Связьиздат, 1962.
3. ГОСТ Р 50840-95. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости.
4. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 18654. Оценка времени реакции человека на полезный сигнал при различном уровне помех [Текст]/ Максимова И.Н. 12.11.11. – С.3.
5. Максимова И. Н. Повышение эффективности организации поездной работы с учетом надежности восприятия распоряжений: автореферат дис. кандидата технических наук, Екатеринбург, 2013. 15 с.



LJournal

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА**

№4(4), Сентябрь 2022

ISSN 2782-6090



9 772782 609009 >

Подписано в печать 30.09.2022. Тираж 400 экз.
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.2,76
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович