ҚАЗАҚСТАН ҰЛТТЫҚ ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАРЫ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

КАЗАХСТАНСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

HERALD

OF THE KAZAKHSTAN NATIONAL ACADEMY OF NATURAL SCIENCES

№ 2/2019

МАЗМҰНЫ / СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	Айменов А.Ж., Айменов Ж.Т, Сарсенбаев Б.К.	4
РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАФИТА1 ТОПЛИВА РЕАКТОРА ИГР	О.С. Букина, И.М. Кукушкин, А.А. Ситников, В.И. Яковлев	8
ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДОЛЖНО СТАТЬ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ЗАДАЧЕЙ ГОСУДАРСТВА	Жунисбеков С.С.	13
МЕТОД АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОГО ЗОНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ИОННОГО ТОКА	Г.К. КАЙЫРДЫ, И.В. ВИЗГАЛОВ	16
АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ, ОСНОВАННЫЕ НА ОНТОЛОГИЯХ	Нугуманова А.Б., Макенов А.А., Екимов С.В.	20
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТОЛИЧЕСКИХ МАССИВОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ВЫСОКОЙ СКОРОСТЬЮ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ОТ ТЕПЛОПУНКТОВ	Сагынганова И.К., Квасов А.И., Бакланов А.Е.	27
РЕКОНСТРУКЦИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ МЕТОДОМ «ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА»	Б.А.Асматулаев, Н.Т.Сурашов, Д.Толымбек	35
ПЕРСПЕКТИВЫ ДРЕНИРУЮЩИХ ШЛАКОАСФАЛЬТОБЕТОНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ	Асматулаев Б.А., Асматулаев Р.Б, Сурашов Н.Т.	39
ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО: ТРЕНДЫ, ТЕХНОЛОГИИ, ИССЛЕДОВАНИЯ УЧАСТНИКОВ ВСЕМИРНОГО КОНГРЕССА ИНЖЕНЕРОВ И УЧЕНЫХ EXPO – 2017	М.Ш.Алинов	45

ЮЖНО КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.М.АУЭЗОВА **КОНСОЛИДАЦИЯ НЕОДНОРОДНЫХ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС**	**Дасибеков А., Айменов Ж.Т., Арапов Б.Р., Мырзалиев Д.С., Кабылбеков К.А.,**	**50**
БИІК ҒИМАРАТТАРДЫ ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ САЛУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВО ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ PROBLEMS OF DESIGN AND CONSTRUCTION OF HIGH-RISE BUILDINGS	**Дасибеков А., Арапов Б.Р., Мырзалиев Д.С., Кабылбеков К.А.,**	**54**
ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗБРОСНОГО ПОДПОЧВЕННОГО ПОСЕВА СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР	**Нукешев С.О., Какабаев Н.А.**	**57**
МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ	**Нукешев С.О., Абулхаиров Д.К.**	**61**
ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВОВ ПРОДУКТОВ ГИДРАТАЦИИ БЕЗОБЖИГОВЫХ ЩЕЛОЧНЫХ ВЯЖУЩИХ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ШЛАКЕ	**Н.Б. Сарсенбаев, А.Ж.Айменов, Б. К. Сарсенбаев, Ж..Т.Айменов, Г.Р. Сауганова**	**63**
ПОЗДРАВЛЕНИЯ		**67-68**

АЙМЕНОВ Ж.Т, ЛЕСОВИК В.С, САРСЕНБАЕВ Б.К.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Приведены результаты внедрения теоретических положений геоники (геомиметики) при проектировании цементных композитов, обладающих улучшенными физико-механическими свойствами и эксплуатационными характеристиками. Немаловажным фактором является то, что данные композиционные вяжущие и бетоны на их основе создаются со значительным замещением энергоемкого цемента на техногенное сырье, что способствует улучшению экологической обстановки. Представлены процессы структурообразования композитов в порядке масштабирования от наноструктурного – до– макро уровней. Определены механизмы оптимизации насыщения структуры цементной матрицы компонентами вяжущего. Таким образом, повышение эффективности бетонов осуществляется за счет управления процессами структурообразования с учетом теоретических положений новой трансдисциплинарной науки геоника (геомиметика).

Ключевые слова: композиционное вяжущее, цемент, плотность упаковки, гидросиликаты кальция, поры, заполнитель, наполнитель,

Введение. В современном мире, насыщенном природными и техногенными опасностями, защита человеческой жизни и здоровья должна обеспечиваться оптимизацией системы «человек-материал-среда обитания» за счет постоянного совершенствования конструкционных материалов для защитных сооружений[1,2].

Ввиду того, что многотоннажное производство цемента также значительно ухудшает экологическую среду обитания человека, следует минимизировать его применение.Тот факт, что вклад цементной промышленности в глобальную эмиссию парниковых газов, особенно CO_2, составляет 7-10% и с признанием факта, что это третья наиболее энергоемкая отрасль [3-4] вызывают серьезную экологическую озабоченность в индустриальной окружающей среде. В частности, при производстве 1 т клинкера, в атмосферу выбрасывается 0,97 т углекислого газа [4]. Замена части цемента различными добавками (в т.ч. отходами производства) позволяет снизить выброс парниковых газов в атмосферу.

Таким образом, повышение эффективности бетонов необходимо осуществлять за счет применения композиционных вяжущих, которые представляют собой смесь гидравлического вяжущего, кремнеземсодержащего компонента и различных модификаторов, способствующих оптимизации заданных характеристик конечных изделий. Использование высокоэффективных мультикомпонентных вяжущих служит основой для разработки и производства современных композитов различного назначения с оптимизированной структурой и запроектированными характеристиками. К текущему времени разработан и испытан довольно значительный ряд различных композиционных вяжущих, уникальных, как с позиции защиты окружающей среды, так и выгодных по капитальным вложениям, а также изготовленных и апробированных в промышленных масштабах. В то же время, зная все достоинства таких составов, в силу действия различных факторов, эти композиты не имеют заслуженного объема производственных мощностей на цементных и бетонных заводах и рынках сбыта [5].

Теоретическое обоснование. Основной составляющей бетона, которая оказывает значительное влияние на его физико-механические свойства и эксплуатационные параметры, служит цементный камень (ЦК). Главный компонент ЦК – гидросиликаты кальция (C-S-H), которые образуют пространственную структуру, включающую в себя непрореагировавшую часть цементных зерен, покрытых оболочкой из гидратных новообразований, а также межзерновое пространство, частично заполненное гидратными новообразованиями. Гидросиликаты кальция имеют различное строение. Например, выделяют кристаллическое, полукристаллическое или аморфное строение. Кристаллическое строение имеют в основном гидросиликаты, которые формируются при тепловой и автоклавной обработке, и, кроме того, при кристаллизации новообразований в порах и в межзерновом пространстве [6].

Характеристики композиционных материалов в большинстве своем зависят от структуры дисперсных систем, из которых они составлены [7]. Структурная прочность этой дисперсной системы, ее устойчивость, скорость разрушения и восстановления структуры практически всегда связаны между собой. Конгломератный строительный материал – бетон относится к классу композитов. Матричной субстанцией бетона, последовательно по масштабным уровням структуры выступают цементно-песчаный камень, ЦК (т.н. микробетон), цементирующее вещество, новообразования данного цементирующего вещества, твердая фаза новообразований, субстанция единичного структурного элемента новообразования, что соответствует масштабному порядку от макро- до наноуровня структуры [8]. Упорядоченность структуры композиционных материалов характеризуется соразмерностью масштабных уровней структуры – соответствием свойств материала на каждом масштабном уровне [9]. Осуществление высокой прочности бетона обеспечивает совместное действие ряда факторов: увеличение плотности за счет оптимизации зернового состава вяжущего; уменьшение пористости ЦК, осуществляемое снижением водоцементного отношения бетонной смеси; заполнение пор между частицами цемента и оптимизация реологических свойств, достигаемая за счет эффекта смазки; образование вторичных продуктов гидратации в процессе пуццолановой реакции с гидроксидом кальция $Ca(OH)_2$ в результате добавления в бетонную смесь добавок-микронаполнителей [10].

Представим процессы образования композитов в порядке масштабирования от макро- до наноструктурного уровней. Макроструктура бетонного камня представляет собой плотно упакованные зерна заполнителя, раздвинутые и склеенные цементным тестом [11]. В резуль-

тате образования макроструктуры цементное тесто изначально обмазывает зерна заполнителя, а потом заполняет его межзерновые пустоты, при этом происходит процесс равномерной раздвижки зерен. Если увеличивается объем клеящего вещества, то каркас заполнителя приобретает более решетчатую структуру, то есть плотность упаковки снижается [12]. На макроуровне сырьевую смесь можно представить в виде модели полидисперсной системы «заполнитель–вяжущая часть», в которой объемную структуру образуют крупные зерна заполнителя, промежутки между которыми заполнены дисперсными частицами вяжущей части (рис. 1).

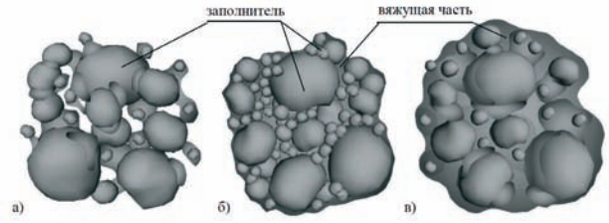


Рисунок 1 - Модель макроструктуры бетона; а – недостаток вяжущей части,
б – плотная упаковка заполнителя, в – избыток вяжущей части

В работах [13-15] отражены современные физико-химические представления о процессах совместного действия микро- и наночастиц в дисперсных минеральных композиционных системах. При снижении размера частиц увеличивается электростатический заряд на их поверхности, соответственно возрастают взаимодействующие силы между частицами [15]. Основная причина образования устойчивых коллоидных и высокомолекулярных структур кроется в наличии дальнодействующих сил притяжения между отдельными частицами. Эти силы обратно пропорциональны кубу расстояния между частицами. Притяжение между коллоидными частицами однозначно проявляется на расстоянии до нескольких сотен нанометров. Условие слипания (коагулирования) частиц заключается в доминировании сил притяжения между ними над короткодействующими силами отталкивания [13]. Помимо этого, необходимо помнить, что первоначальный период гидратации цементного теста сопровождается седиментацией, в течение которой зерна заполнителей и цемента под действием силы тяжести осаждаются. Время седиментационных процессов возрастает за счет удерживания мелкодисперсной фракции во взвешенном состоянии, т.е. в результате уменьшения действия сил гравитации.

При переходе к наноразмерам происходят кардинальные изменения в электронной проводимости, оптическом поглощении, химическо-реакционной способности, а кроме того, в механических свойствах, в значениях поверхностной энергии и морфологии поверхности композитов [16]. Наноразмерная кальций-кремний-гидратная фаза (гель C-S-H) гидратированного цементного теста, которая обладает сложной морфологией [17], в большинстве своем представляет собой сеть пластин наночастиц, размерность которых составляет 60 х 30 нм^2, а толщина - 5 нм. Использование в бетонной смеси наносиликатов позволяет не только значительно оптимизировать пространственную упаковку его составляющих (цемента, наполнителей, заполнителей), но и уменьшить количество пор, а также значительно упрочнить. Кроме того, применение нанодисперсных силикатных добавок позволяет осуществлять контроль реакции образования и превращений C-S-H, которые несут ответственность за обеспечение долговечности ЦК, и, кроме того, определяют ряд строительно-технических параметров бетонной смеси, например, усадку и ползучесть [374]. Глобулы геля гидросиликатов кальция, которые содержат наноразмерные поры, заполненные структурной водой, представляют из себя твердую фазу с характеристическими размерами в несколько нанометров, ответственную за все пороупругие свойства цементного теста. Добавление в бетонную смесь наноразмерных частиц (<100 нм) значительно влияет на долговечность. В частности, коллоидный кремнезем – микрочастицы диоксида кремния (SiO_2), диспергированные в воде и стабилизированные диспергирующей добавкой из частиц еще меньшего размера, взаимодействуют с $Ca(OH)_2$ быстрее, чем микрокремнезем [18].

В целях оптимизации насыщения структуры ЦК цементом и наполнителем необходимо правильно подобрать количество дисперсной добавки в бетон, главными критериями которой являются:

- осуществление максимально плотной упаковки частиц в цементном тесте;

- оптимальное насыщение цемента микронаполнителем при отсутствии контактов частиц между собой, в том случае, если размеры частиц наполнителя соизмеримы с частицами цемента. В связи с этим, является логичным добавление зольного микронаполнителя с оптимальной дисперсностью (даже если активность его невелика) в состав мелкозернистого бетона (МЗБ), что дает экономию в районе 30-40 % цемента без ухудшения физико-механических параметров изделий и конструкций с одновременным ростом эксплуатационных свойств композита.

Несмотря на это, до настоящего времени в строительном материаловедении отсутствуют адекватные математические модели прогнозирования проницаемости цементных композитов; это замедляет выработку общих методов подбора состава вяжущих веществ с проектируемыми характеристиками непроницаемости в различные сроки твердения [18].

В связи с этим, примем за основу модель С.А. Королева [18], в которой система макрокапилляров цементных композитов непрерывна и представляет собой межкристаллитные образования в структуре цементного камня. Фактическое строение макрокапилляров является четочным цилиндрическим, расчетное строение – цилиндрическое с приведенным гидравлическим радиусом (рис. 2).

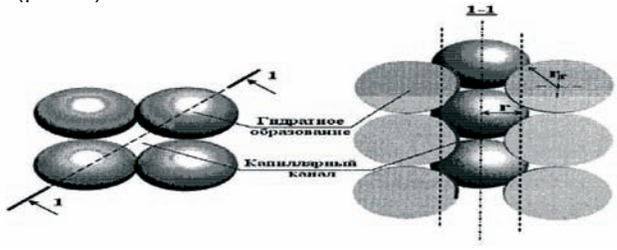


Рисунок 2 - Модель цементного композита

Характеристиками плотности структуры цементного камня служат такие его параметры, как радиус макрокапилляров и геометрическая плотность. Причем радиус макрокапилляров включает в себе несколько па-

раметров структуры: объем макрокапиллярных пор, удельную поверхность и плотность кристаллитных кластерных образований. Геометрическая или структурная плотность определяется отношением радиуса макроскопических кластерных гидратных образований к порядку структурной решетки.

Экспериментальные исследования.

Для достижения цели работы было разработано композиционное вяжущее, полученное совместным помолом следующих компонентов: 60% цемента, 25% золы рисовой шелухи, 6% кварцевого песка, 6% отсева дробления известняка, 3% гиперпластификатора (ГП). Композиционное вяжущее измельчалось до 500-900 м²/кг. Вода добавлялась в количестве, необходимом для обеспечения одинаковой подвижности, но из расчета водовяжущего отношения не выше 0,25. Цементный камень изучался в возрасте 1, 3, 7, 28 суток.

Микроструктурный анализ показал, что для цементного камня из бездобавочного цемента характерна матрица с большим количеством пустот и микротрещин, подавляющее большинство из которых представлено слабо раскристаллизованными и рентгеноаморфными новообразованиями, на фоне которых видны гексагональные пластины портландита (рис. 3, а, в).

Применение разработанного композиционного вяжущего позволяет уплотнить микроструктуру, получить четко различимые системы игольчатых и пластинчатых новообразований, заполняющих анизометричные иизометричные пустоты (рис. 3, б, г). Это ведет к образованию жесткой матрицы с уменьшенной пористостью, что, в свою очередь, и ведет к упрочнению цементного камня.

Дифференциально-термический анализ бездобавочного цементного камня и цементного камня на КВ показа наличие трех основных эндотермических эффектов (рис. 4). Первый (при температуре около 160ºС) вызван потерей адсорбционной воды из гелеобразных продуктов гидратации. Снижение площади данного эффекта на результатах ДТА цементного камня на КВ, показывает уменьшение содержания гелеобразных новообразований в результате перехода их в кристаллическое состояние.

Следующий эндотермический эффект (при температуре порядка 475ºС соответствует дегидратации гидроксида кальция. Рост площади данного пика на термограмме бездобавочного цементного камня показывает большее содержание в его составе портландита.

Последний эндотермический эффект (при температуре в районе 525-650ºС) может быть связан с разложением карбоната кальция.

Выводы. Реализация теоретического положения геоники (геомиметики) позволяет повысить эффективность управления процессами структурообразования при синтезе композитов нового поколения за счет использования техногенного сырья. Соответственно и модернизируются представления о механизме высокоэффективного действия добавок, которые при синергетическом подходе к их использованию могут обеспечить разработку материалов с качественно новым уровнем физико-механических свойств и эксплуатационных показателей.

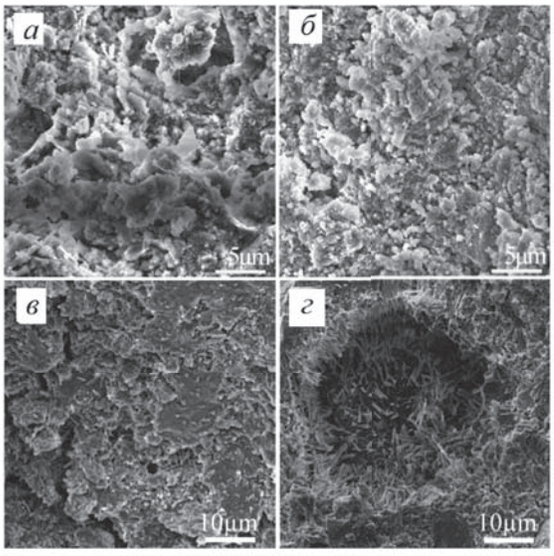


Рисунок 3 – Микроструктура новообразований (возраст 28 суток): чистый цементный камень (а, в) и цементный камень на разработанном КВ (б, г)

Использование тонкодисперсных компонентов вяжущих позволяет существенно расширить состав новообразований, уменьшить содержание портландита, увеличить дисперсность и прочность упаковки гидросиликатов кальция, что повышает эксплуатационные характеристики композитов.

Таким образом, применение композиционных вяжущих различных составов позволяет создавать композиты с заранее заданными физико-механическими свойствами и эксплуатационными характеристиками. Однако, необходимо тщательное проектирование составов, а также выбор технологии изготовления вяжущих.

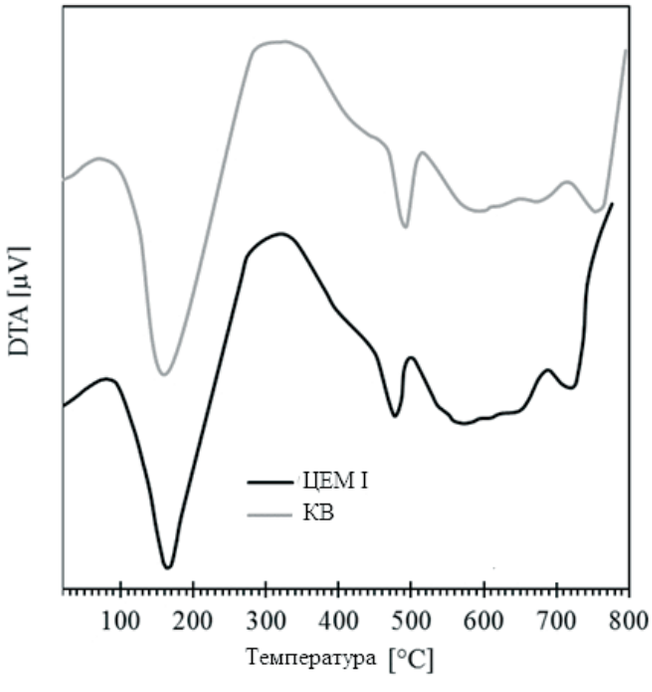


Рисунок 3.13 – Результаты ДТА для чистого цементного камня и цементного камня на КВ

Литература

1. Volodchenko, A.A., Lesovik, V.S., Zagorodnjuk, L.H., Volodchenko, A.N. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties, International Journal of Applied Engineering Research, Vol. 10, Issue 19, 2015, Pages 40617-40622

2. Zagorodnjuk, L.H., Lesovik, V.S., Volodchenko, A.A., Yerofeyev, V.T. Optimization of mixing process for heat-insulating mixtures in a spiral blade mixer. International Journal of Pharmacy and Technology , Vol. 8, Issue 3, September 2016, Pages 15146-15155

3. Bui D.D., Hu J., Stroeven P. Particle size effect on the strength of rice husk ash blended gap-graded Portland cement concrete. Cement and Concrete Composites, Vol. 27, No 3, 2005, 357–366.

4. Alsubari B., Shafigh P., Jumaat M.Z. Utilization of high-volume treated palm oil fuel ash to produce sustainable self-compacting concrete. Journal of Cleaner Production, Vol. 137, 2016, 982–996.

5. Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Lashina I.V., Feduk R.S.Theoretical backgrounds of nonered materials production based on new raw materials, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, No 4, April 2018, 042064.

6. Lukuttsova N. P., Pykin A. A.Stability of Nanodisperse Additives Based on Metakaolin. Glass and Ceramics,Vol. 71, No. 11-12, Mar 2015, 383-386.

7. Ibragimov R.A.,Korolev E.V.,Deberdeev T.R.,Leksin, V.V. Structural parameters and properties of fine-grained concrete on Portland cement, activated with plasticizers in vortex layer apparatuses. ZKG International, Vol. 71,No. 5, 2018, 28-35.

8. Volodchenko, A.A., Lesovik, V.S., Zagorodnjuk, L.H., Volodchenko, A.N., Aleksandrovna, K.A.. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers. Research Journal of Applied Sciences ,Vol. 10, Issue 12, 2016, Pages 931-936

9. Lesovik, V.S., Zagorodnyuk, L.K., Mestnikov, A.E., Kudinova, A.I., Sumskoi, D.A. Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes. International Journal of Applied Engineering Researc, Vol. 10, Issue 5, 2015, Pages 12383-12390.

10. Fomina E.V., Strokova V.V., Kozhukhova N.I. Application of natural aluminosilicates in autoclave cellular concrete. World Applied Sciences Journal. Vol. 25, 2013, 48-54.

11. Granger L.P.,Bažant Z.P. Effect of Composition on Basic Creep of Concrete and Cement Paste. Journal of Engineering Mechanics, November 1995, 1261-1270.

12. Glagolev E., Suleimanova L., Lesovik V. High reaction activity of nano-size phase of silica composite binder. International Journal of Environmental and Science Education, Vol. 11, No.18, 2016, 12383-12389.

13. Kharkhardin A. N., Kozhukhova N. I., Strokova V. V.Nano- and Micro-Sized Discreteness Levels of Substance. International Journalof Advanced Biotechnologyand Research,Vol. 7,No. 3, 2016, 920-924.

14. Ibragimov R. A. The influence of binder modification by means of the superplasticizer and mechanical activation on the mechanical properties of the high-density concrete. ZKG International, Vol. 69,No. 6, 2016, 34-39.

15. Ranjbar N., Mehrali M., Mehrali M., Alengaram U.J., Jumaat M.Z. High tensile strength fly ash based geopolymer composite using copper coated micro steel fiber. Construction and Building Materials.Vol. 112, 2016, 629-638.

16. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kondrashev K.R., Suleymanov K.A., Lukuttsova N.P. Energy efficient technologies of production and use non-autoclaved aerated concrete. International Journal of Applied Engineering Research.Vol. 10, No. 5, 2015, 12399-12406.

17. Uchaeva T.V.,Loganina V.I. Analysis of the risk at the finishing of the building products and construction of paint compositions. Case Studies in Construction Materials, Vol. 8, 2018, 213-216.

18. Fediuk R.S., Smoliakov A.K.,Muraviov A.S. Mechanical Properties of Fiber-Reinforced Concrete Using Composite Binders. Advances in Materials Science and Engineering, 2017, 2316347.

19. Buyantuev S.L.Urkhanova L.A.Kondratenko A.S.,Shishulkin S.Y., Lkhasaranov S.A.,Khmelev A.B. Processing of ash and slag waste of heating plants by arc plasma to produce construction materials and nanomodifiers. IOP Conference Series-Materials Science and Engineering, Vol. 168, 2017, 012048.

20. Tsimbelman N.Y., Mamontov A.I.,Chernova T.I.,Bilgin O. 15th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (PCSMGE) / 8th South American Congress on Rock Mechanics (SCRM), 2015, 1081-1088.

О.С. БУКИНА, И.М. КУКУШКИН, А.А. СИТНИКОВ, В.И. ЯКОВЛЕВ

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАФИТА1 ТОПЛИВА РЕАКТОРА ИГР

Введение

В соответствии с необходимостью проведения работ по переводу исследовательского реактора ИГР с высокообогащенного на низкообогащенное топливо и поставкой ФГУП “НИИ НПО “ЛУЧ” опытной партии уран-графитовых ЭАЗ с низкообогащенным топливом, возникла необходимость исследования структурно-фазового состояния материала. Этим обусловлена актуальность исследований.

Графитовые материалы интересны тем, что механизм формирования их свойств определяется особенностями кристаллической структуры. Большое значение имеют технология получения и термическая обработка реакторного графита. Изменяя состав и дисперсность исходного сырья или технологические процессы, можно получать графит с разнообразными заранее заданными свойствами. Теплофизические, механические свойства графита имеют значительные отклонения в пределах одной заготовки вследствие эффекта анизотропии материала [1, 2, 3]. Несмотря на значимость эффекта анизотропии и его влияние на характеристики графита, эта область исследований выходит за рамки настоящей работы и далее не рассматривается.

Графит в атомной технике используют в качестве материала кладки (замедлителей) активной зоны реактора и сменных блоков. Такой материал отличается повышенной чистотой, общее содержание примесей которого не превышает $1*10^{-3}$% [2].

Один из основных методов исследования кристаллической структуры - метод рентгеновской дифракции. Дифракционная картина состоит из диффузного фона и селективных максимумов, распределение которых позволяет определить атомнокристаллическое строение вещества.

Литературный обзор по выбранной тематике выявил отсутствие нормативно-технической документации на требования к структурным характеристикам уран-графитового топлива и методам определения структурных характеристик графитов. В имеющейся справочной и технической литературе вопрос о методах получения структурных характеристик изделий из конструкционного графита освещен не в полной мере. В частности, четких методик и рекомендаций относительно учета аппаратных уширений дифракционных пиков и устранению искажений профилей за счет прозрачности графита для рентгеновского излучения не найдено. В рамках данной работы проведена отработка известных методик по получению таких известных структурных характеристик графита как межслоевое расстояние d_c, степень графитации φ, рентгеновская плотность материала $\gamma_р$, на образцах графита, использованного при формировании уран-графитового топлива реактора ИГР.

1 Методы определения рентгенографических характеристик графита

Структура реальных углеродных веществ отличается от идеализированной модели, и в большинстве случаев эти различия резко выражены [2].

Рентгеноструктурный анализ поликристаллов позволяет определять фазовый состав образцов, устанавливать размеры и преимущественную ориентацию (текстурирование) зёрен в веществе, осуществлять контроль напряжений в образце и решать другие задачи [1]. Из анализа литературы [1] были выделены структурные параметры графита, которые потенциально могут быть определены при исследованиях.

Межслоевое расстояние. Межслоевое расстояние d_c – это расстояние между базисными плоскостями (002) решетки графита, являющееся одним из наиболее важных показателей совершенства кристаллической решетки углеродных материалов

$$d_c = \frac{c}{2}, \quad (1)$$

где *c* - параметр элементарной ячейки по оси *z*. Величину *d* определяют по уравнению Вульфа-Брэгга:

$$2d \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda, \quad (2)$$

где *d* — межплоскостное расстояние, Å, *θ* — угол скольжения, т. е. угол между отражающей плоскостью и падающим лучом, °, *λ* - длина волны рентгеновского излучения и *m* - порядок отражения.

Для учета ряда факторов, имеющих место при съемке, к образцу порошкового материала рекомендуется добавлять некоторое количество эталонного вещества, значения межплоскостных расстояний которого известны с достаточной точностью [2].

Рентгенографическая плотность. Рентгенографическая плотность углеродных материалов рассчитывается из соотношения

$$\gamma_p = \frac{k}{d_c}, \quad (3)$$

где *k* = 0,7604 – коэффициент пропорциональности (отношение массы элементарной ячейки $M_{яч}$ к ее объему $V_{яч}$ для графита, находящегося в графитированном состоянии); d_c – среднее межслоевое расстояние, рассчитанное по линии *(002)*, нм [45].

Степень графитации. Одним из наиболее важных показателей степени совершенства кристаллической структуры углеродных материалов является показатель степени графитации [4], который зависит от межплоскостных расстояний неграфитированного и предельно графитированного состояния. Используя эти величины, определяют степень графитации [5]

$$g = \frac{3.44 - d_{002}}{3.44 - 3.354}, \quad (4)$$

где *3.44* - исходное межплоскостное расстояние для неграфитирующихся углеродных материалов (турбостратная структура), *3.354* – межплоскостное расстояние для предельно графитированного искусственного графита. Значение g изменяется от 0 до 1.

2 Методика проведения исследования

Изготовление образцов. Для проведения рентгеноструктурных исследований графита НОУ топлива использовались порошковые образцы. Образцы изготавливались измельчением фрагментов материала одного из топливных элементов опытной партии НОУ топлива. Измельченный материал смешивался с внутренним эталоном (порошок кремния) в весовых соотношениях 9:1. Методика приготовления порошковых образцов для рентгеноструктурных исследований обеспечивала такие составляющие качества, как воспроизводимость для нескольких образцов, простоту способа и приемлемость для работы с точки зрения радиационной безопасности.

Условия получения дифрактограмм. Режим работы детектора PIXcel1D – сканирующий линейный детектор (scanning line detector). Излучение: Cu Kα; напряжение и ток: 45 kV, 40 mA. Использовалась фиксированная щель дивергенции размером 1° (расстояние от щели дивергенции до фокуса трубки 87 мм), антирассеивающая щель 2°, маска падающего пучка с маркировкой 20, обеспечивающая ширину падающего пучка 19,9 мм. Температура воздуха при проведении съемки 20 °С.

Структурные параметры определялись по дифрактограммам порошковых образцов. Режим съемки: размер шага сканирования - 0.013 °2θ, время экспозиции 30,6 с, исследуемая область углов 2θ составляла от 5° до 153°.

Обработка и анализ дифрактограмм. Обработка дифрактограмм проводилась посредством программы для обработки и поиска “HighScore”.

Усовершенствованием методики, представленной нами в 2017 году на XVI конференции-конкурсе НИОКР молодых ученых и специалистов НЯЦ РК, является применение для описания профиля дифрактограммы асимметричной функции псевдо-Фойгта. Для расчета структурных характеристик является необходимым условием максимальное совпадение расчетного профиля и экспериментальной дифрактограммы. Каждый отдельный пик характеризуется индивидуальной комбинацией положения, площади, ширины и формы. В программном обеспечении достигается подгон расчетного профиля к экспериментальному до максимального соответствия. Подбор расчетного профиля приводит к формированию числовых значений параметров пиков, необходимых для определения фазового состава. Расчетное угловое положение пика близко соответствует положению максимума его профиля.

Для идентификации фазового состава использовалась база данных Crystallography Open Database (далее – COD [6]) и база данных PDF-2 ICDD Release 2004.

Оценка количественного содержания фаз определяется полуколичественным методом соотношения интенсивности (RIR).

3 Результаты исследований

Результаты исследований фазового состава порошковых образцов. Фазовый анализ дифрактограмм выявил в составе три основные фазы: гексагональный графит и диоксид урана, принадлежащие материалу уран-графитовому топлива, и кремний, являющийся материалом внутреннего эталона. Описание карточек дифрактометрических данных, получивших наибольшее соответствие пикам дифрактограмм:

- графит 2H - карточка № 03-065-6212 в базе данных ICDD (первичная ссылка Calculated from NIST using POWD-12++, описание структуры Trucano, P., Chen, R., Nature (London), 258, 136, (1975)), отвечающая фазе α-графита характеризуется следующими параметрами: сингония гексагональная, пространственная группа: P63/mmc (194), параметры элементарной ячейки: a(Å) = b(Å): 2.464; c(Å): 6.711, Alpha(°) = Beta(°): 90; Gamma(°): 120, расчетная плотность (г/см^3): 2,26, объем элементарной ячейки (10^6 пм^3): 35,29. RIR (Reference Intensity Ratio, Корундовое число): 2,13.

- диоксид урана - карточка дифрактометрических данных № 03-065-0285 в базе данных ICDD (первичная ссылка Calculated from NIST using POWD-12++, описание структуры K.Clausen, W.Hayes, J.E.Macdonald, P.Schnabel, M.T.Hutchings & J.KKjems, High Temp. High Pressures, 15, 383-3, (1983)), характеризуется следующими параметрами: сингония кубическая, пространственная группа: Fm-3m (225), параметры элементарной ячейки: a(Å) = b(Å) = c(Å): 5,471, Alpha(°) = Beta(°) = Gamma(°): 90 , расчетная плотность (г/см^3): 10.95, объем элементарной ячейки (10^6 пм^3): 163,76. RIR: 23.72.

- кремний - карточка дифрактометрических данных № 00-027-1402 в базе данных ICDD (описание Natl, Bur, Stand, (U,S,) Monogr, 25, 13, 35, (1976)), характеризуется следующими параметрами: кристаллическая решетка: кубическая, пространственная группа: Fd-3m (227), параметры элементарной ячейки: a(Å) = b(Å) = c(Å): 5,4309, Alpha(°) = Beta(°) = Gamma(°):90, расчетная плотность (г/см^3): 2,33, объем элементарной ячейки (10^6 пм^3): 160,18, RIR (Reference Intensity Ratio, Корундовое число): 4,70.

Карточки были использованы для оценки полуколичественного содержания фаз. Результаты оценки представлены в таблице 1.

Результаты оценки показали хорошую воспроизводимость для исследуемых образцов и соответствие предполагаемому составу образцов.

Таблица 1 - Результаты полуколичественной оценки содержания фаз в порошковых образцах

Фаза / Образец	В среднем по образцу			В среднем по 3 образцам			Стандартное отклонение			Доверительный интервал $\Delta_{0.90}$		
	Графит	Диоксид урана	Кремний	Графит	Диоксид урана	Кремний	Графит	Диоксид урана	Кремний	Графит	Диоксид урана	Кремний
D5-p1	86	2	12	87.0	2.3	10.7	1	0.6	1.2	1.8	1.0	2.1
D5-p2	87	3	10									
D5-p3	88	2	10									

Расчет структурных характеристик по порошковым дифрактограммам. В качестве внутреннего стандарта использовался порошок кремния, определенный карточкой дифрактометрических данных № 00-027-1402. Список пиков карточки внутреннего стандарта в таблице 2.

Таблица 2 - Список пиков внутреннего стандарта

№ пика	h	k	l	Межплоскостное расстояние пика d, [Å]	Положение пика 2θ, [°]	Относительная интенсивность I, [%]
1	1	1	1	3.1355	28.443	100
2	2	2	0	1.9201	47.303	55
3	3	1	1	1.6375	56.122	30
4	4	0	0	1.3577	69.132	6
5	3	3	1	1.2459	76.379	11
6	4	2	2	1.1086	88.029	12
7	5	1	1	1.0452	94.951	6
8	4	4	0	0.96	106.719	3
9	5	3	1	0.918	114.092	7

Расчет степени графитации, межслоевого расстояния и рентгенографической плотности выполнялся формулам (1)-(4).

На дифрактограммах заметно смещение линий внутреннего стандарта в область меньших углов, вызванное прозрачностью углерода для рентгеновского излучения. Иллюстрация смещения приведена на Рисунке 1. Зеленая вертикальная линия указывает на штрих-диаграмму кристаллического кремния, красная вертикальная линия - на центр-масс пика кремния на дифрактограмме. На линии 004 сдвиг и уширение линии кремния сохраняется.

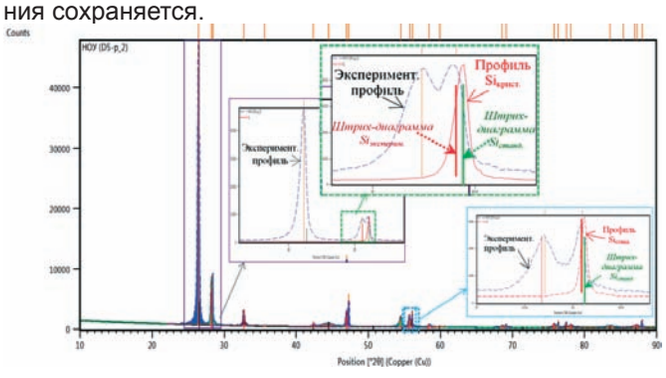


Рисунок 1 - Смещение линии кремния экспериментального спектра от штрих-диаграммы карточки кремния на порошковой дифрактограмме.

При определении межслоевого расстояния графита производилось внесение поправок на смещение линий внутреннего стандарта.

Результаты расчета структурных характеристик графита исследуемых порошковых образцов по базисным плоскостям (002) и (004) представлены в таблицах 3 и 4. В графах 2 и 3 содержатся данные о значениях положения линий и межплоскостных расстояниях, получаемых в результате первичной обработки дифрактограммы. Значения вводимых поправок приведены в графах 5 и 7. В графах 6 и 8 представлены откорректированные значения положения линий и межплоскостного расстояния соответственно. В графах 9-11 представлены вычисляемые по формулам (2) - (4) значения межслоевых расстояний, рентгенографической плотности и степени графитации.

Усредненные результаты расчета структурных характеристик графита для базисных плоскостей (002) и (004) представлены в таблице 5. Доверительный интервал рассчитывался для доверительного уровня 95% по трем измерениям.

По значению межслоевого расстояния можно сделать вывод о том, что добавление внутреннего стандарта привело к положительным результатам. Относительная погрешность измерения межслоевого расстояния для линии (002) около 0,06%, для линии (004) – 0,03%. Это позволило усреднить результаты по двум линиям и получить значения структурных параметров по шести измерениям, увеличив точность

Усреднение значений структурных параметров по линиям (002) и (004) (по шести измерениям), приводит к следующим результатам:

- межслоевого расстояния d_c, нм: 0.33620 ($\Delta_{0.95}$=0.00008);
- степени графитации: 0.907($\Delta_{0.95}$=0.010);
- рентгенографической плотности, г/см^3: 2.2617 ($\Delta_{0.95}$=0.0006).

4 Сравнение структурных характеристик графита ВОУ и НОУ топлива

Как уже было отмечено, методика определения рентгеноструктурных характеристик была усовершенствована.

Для возможности сопоставления данных структурных характеристик материала ВОУ топлива с данными по НОУ топливу, первые были пересчитаны по измененной методике. Отличие от структурных характеристик НОУ топлива выражено в наличии двух компонентов графита в образцах ВОУ топлива.

Таблица 3 - Результаты расчета рентгеноструктурных характеристик для линии (002

Образец	фаза	Измеряемое положение линии [°2θ]	Измеряемое межплоскостное расстояние d [Å]	Δ2θ [°2θ]	$2\theta_{испр}$ [°2θ]	Δd [Å]	$d_{испр}$ [Å]	МСР c/2, нм	РГП γ, г/см^3	Степень графитации φ
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*
D5-p_1	Si	28,421	3,13785	-0,022		0,0023				
	C	26,472	3,36434		26,4937		3,3620	0,33620	2,261756	0,91
D5-p_2	Si	28,408	3,13924	-0,035		0,0037				
	C	26,461	3,36573		26,4956		3,3620	0,33620	2,261756	0,91
D5-p_3	Si	28,454	3,13428	0,011		-0,0012				
	C	26,489	3,36221		26,4778		3,3634	0,33634	2,260787	0,89

Таблица 4 - Результаты расчета рентгеноструктурных характеристик для линии (004)

Образец	фаза	Измеряемое положение линии [°2θ]	Измеряемое межплоскостное расстояние d [Å]	Δ2θ [°2θ]	2θиспр [°2θ]	Δd [Å]	dиспр [Å]	МСР c/2, нм	РГП γ, г/см3	Степень графитации φ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
D5-p_1	Si	56,095	1,63823	-0,027		0,0007				
	C	54,531	1,68146		54,5580		1,6807	0,33615	2,262112	0,91
D5-p_2	Si	56,096	1,63819	-0,026		0,0007				
	C	54,520	1,68177		54,5460		1,6811	0,33622	2,261641	0,91
D5-p_3	Si	56,100	1,63809	-0,022		0,0007				
	C	54,541	1,68116		54,5630		1,6806	0,33611	2,262328	0,92

Таблица 5 - Средние значения и доверительные интервалы величин степени графитации, межслоевого расстояния и рентгенографической плотности графита для базисной плоскости (002) и (004)

Базисная плоскость	Межслоевое расстояние, [нм]		Степень графитации		Рентгенографическая плотность, [г/см^3]	
	c/2	$\Delta_{0.95}$(c/2)	φ	$\Delta_{0.95}$(φ)	γ	$\Delta_{0.95}$(γ)
(002)	0.33625	0.00021	0.902	0.024	2.2614	0.0014
(004)	0.33616	0.00013	0.912	0.015	2.2620	0.0009

Таблица 6 - Средние значения и доверительные интервалы величин степени графитации, межслоевого расстояния и рентгенографической плотности графита для базисной плоскости (002) и (004)

Тип материала блока	Блок, из которого изготавливался образец	Компонента	Усредненное значение степени графитации φ	Доверительный интервал $\Delta_{0.95}$(φ)	МСР c/2 [нм]	Доверительный интервал $\Delta_{0.95}$(c/2)	Рентгенографическая плотность γ [г/см^3]	Доверительный интервал $\Delta_{0.95}$(γ)
НОУ	D5	-	0.907	0.010	0.33620	0.00008	2.2617	0.0006
ВОУ	A2	1	0.57	0.03	0.33914	0.00024	2.2422	0.0016
		2	0.899	0.007	0.33627	0.00006	2.2613	0.0004
	B1	1	0.51	0.12	0.3396	0.0010	2.239	0.007
		2	0.882	0.012	0.33641	0.00010	2.2603	0.0007
	C1	1	0.60	0.07	0.3388	0.0006	2.244	0.004
		2	0.933	0.012	0.33597	0.00010	2.2633	0.0007

Произведено усреднение полученных характеристик по линиям (002) и (004) для каждого образца. Результат усреднения по 6-ти измерениям структурных параметров представлен в таблице 6.

Оказалось, что значения структурных характеристик НОУ топлива коррелируют одной из компонент ВОУ топлива. Было сделано предположение, что эта компонента в ВОУ и НОУ топливе отвечает за наполнитель, используемый при изготовлении. Таким образом, в материале НОУ топлива отсутствует компонента, отвечающая за связующее.

Отсутствие компоненты, отвечающей за связующее в НОУ топливе может быть объяснено несколькими факторами:

Материал НОУ топлива не подвергался повторной пропитке, что находит подтверждение в меньшей пористости.

Повторная графитация материала НОУ топлива была проведена полностью и связующая компонента полностью графитировалась.

Оценивая результаты, необходимо помнить, что данные получены лишь на одном элементе НОУ топлива. Опыт с ВОУ-топливом показал, что характеристики разных элементов активной зоны отличались. Это отличие уверенно определено и соответствует различию в структурных характеристиках графита. В трех исследованных элементах активной зоны ВОУ топлива степени графитации отличались на величину больше случайной погрешности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

2. В фазовом составе выявлено наличие двух основных фаз: гексагональный графит и диоксид урана, принадлежащих материалу уран-графитового топлива.

Анализ дифрактограмм порошковых образцов графита выявил однородность структурного состояния графита НОУ топлива. Структурное состояние графита характеризуется степенью графитации на уровне 0.907 ($\Delta_{0.95}$=0.010), межслоевым расстоянием 0.33620 нм ($\Delta_{0.95}$=0.00008 нм), рентгенографической плотностью 2.2617 г/см^3 ($\Delta_{0.95}$=0.0006 г/см^3).

3. Различие в состоянии графита выражено в отсутствии в НОУ топливе компоненты графита малой степени графитации. Степень графитации графитового материала в НОУ топливе и высокографитированной компоненты ВОУ топлива находятся на одном уровне.

4. Использование для определения структурных характеристик линий (002) и (004) приводит к одинаковым результатам в пределах случайной погрешности. Совместное использование результатов по двум линиям может быть рекомендовано для улучшения статистики при ограниченном количестве образцов.

5. В условиях ассиметричного уширения линий за счет прозрачности графита разделение дифракционных картин от двухкомпонентной системы является сложной в методическом отношении задачей, не освещенной в достаточной мере в литературе и затруднительной для решения в рамках современных программных обеспечений. Применение асимметричной функции позволяет максимально точно описать экспериментальные профили при исследовании однокомпонентных графитовых материалов.

6. Применение асимметричной функции для описания сложных профилей дифракционных пиков двухкомпонентных графитов дало положительные результаты при анализе материалов в данной работе, однако условия применимости асимметричных функций требуют теоретической проработки в каждом конкретном случае.

Хочется отметить нехватку в доступном программном обеспечении инструментов анализа, позволяющих устранять влияние аппаратных и физических факторов, искажающих истинные дифракционные картины исследуемых материалов, в частности, графитов.

В результате работы были определены качественные и количественные структурные характеристики графита НОУ топлива. В методике определения применено использование асимметричной функции псевдо-Фойгта для описания профилей дифракционных пиков.

В дальнейшем ожидается продолжение работы в этом направлении при исследовании топливных элементов ВОУ и НОУ топлива после облучения.

Список использованных источников:
(Endnotes)

1 Графит в науке и ядерной технике. Монография / Е.И. Жмуриков [и др.] - Новосибирск: Издательство СО РАН, 2013. – 193 с.

2 Свойства конструкционных материалов на основе углерода. Нагорный В.Г., Котоносов А.С., Островский Б.С., Дымов Б.К. и др. Справочник. Под ред. В.П. Соседова, М., «Металлургия», 1975, 336 с.

3 Ма Б.М. Материалы ядерных энергетических установок: Пер. с англ. — Москва: Энергоатомиздат, 1987.

4 **Богданов С.П. Рентгеноструктурный анализ углеродистых материалов: методические указания. / С.П. Богданов. - СПб.: СПбГТИ.- 2013. - 26 с.**

5 Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы. А.А. Конкин, М.: Изд.-во «Химия», 1974, 376 с.

6 Gražulis, S.; Chateigner, D.; Downs, R. T.; Yokochi, A. F. T.; Quirós, M.; Lutterotti, L.; Manakova, E.; Butkus, J.; Moeck, P. & Le Bail, A.; Crystallography Open Database - an open-access collection of crystal structures, J. Appl. Cryst., 2009, 42, 726-729.

ЖУНИСБЕКОВ С.С.

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДОЛЖНО СТАТЬ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ЗАДАЧЕЙ ГОСУДАРСТВА

Абстракт:

Бұл мақалада автор техникалық мамандарды дайындау жұмыстары, мемлекет алдында тұрған өткір, көкей – тесті мәселердің бірі екенін атап өтеді. Техникалық мамандар, инженерлер Қазақстанның әлеуметтік – экономикалық деңгейінің өсуіне орасан зор ықпалын тійгізетінің ескере отырып автор, мақалада мұндай мамандарды сапалы дайындаудың тетіктерін қарастрады.

Анотация:

В этой статье автор заостряет проблему необходимости особое внимание обратить расширению и улучшению подготовки технических специалистов. Он подчеркивает основные проблемы и задачи в организации этой работы и значение этой категории специалистов для социально-экономического развития Казахстана

Abstract:

In this article the author addresses the issue of need to pay particular attention to expansion and improvement of training of technical experts. He emphasizes the main problems and tasks in organization of this work and importance of this category of experts for the social and economic development of Kazakhstan

Түйінді сөздер.

Техникалық білім, инновациялық даму, мемлекеттің стратегиялық максаты, ғылыммен негіздерген озықтехнологиялық өндіріс, ғылыми – техникалық революция, инженерлік білім, техника саласындағы маман, өндірістік тәжірибе, дуальдық жүие бойінша дайындау.

Ключевые слова:

техническое образование; инновационное развитие; стратегическая задача государства; наукоемкие и высокотехнологические производства; научно-техническая революция; инженерное образование; специалист технического профиля; производственные практики; дуальная система подготовки.

Key words:

Technical education; innovative development; state strategic objective; science-driven and high-tech manufacture facilities; scientific and technological revolution; engineering education; technician; on-the-job trainings; dual training system.

Сегодня Казахстан решает задачи, определенные Президентом РК Назарбаевым Н.А. – достижение устойчивого развития страны путем диверсификации отраслей экономики, отхода от сырьевой направленности, стимулирование наукоемких и высокотехнологических производств. В масштабах станы это означает необходимость реализации современной научно-технической революции, откуда должен пойти принципиально новый отсчет времени в управлении экономическим развитием государства.

Признаком эпохи Четвертой промышленной революции является определяющее значение науки в развитии производительных сил, широкое использование научных результатов для разработки и освоения новых технологий, выпуска конкурентной продукции нового поколения, обновления технологических процессов в производстве.

В целом, реализация Стратегии индустриально-инновационного развития Казахстана требует перехода на новый уровень подготовки кадров и научных исследований. Стоящая перед страной огромная, многоплановая задача перестройки всей экономики может быть решена только с помощью высококлассных специалистов и при целенаправленной поддержке государства. Причем, нужны технические специалисты, организаторы производства с опытом работы и специальным инженерным образованием. Таких специалистов в настоящее время в стране мало! Большинство опытных «технарей» «советской эпохи» в связи с закрытием предприятий дисквалифицировались или уехали. Да и от оставшихся специалистов сейчас мало проку, так как они являются носителями устаревшего опыта и технологий прошлого века. В последние годы им негде было поддерживать и повышать свою квалификацию. Кроме того, у них не было для этого ни материального, ни морального стимула.

В КазССР было порядка 50-ти вузов, из них 2/3 – технического и специализированного профиля, готовящих специалистов для реального сектора экономики. Только в провинциальном городе Тараз было два технических и один гуманитарный (педагогический) вуз. Более 70% выпускников этих вузов направлялись с сектор реального производства.

За годы независимости в республике произошел нереальный перекос в структуре высшего образования. Появилось более сотни негосударственных гуманитарных вузов. А сможет ли кто-нибудь назвать хотя бы один созданный за это время технический специализированный вуз? Мало того, в составе университетов, образованных волевым объединением региональных профильных вузов республики, существовавшие технические специальности практически зачахли. Сейчас все региональные вузы РК готовят экономистов, юристов и педагогов, практически по одинаковому списку спе-

циальностей, дублируя друг друга! Выпуск технических специалистов из перечня специальностей бывших технических вузов республики, сохранившихся в составе региональных университетов, едва составляет 20% от числа выпускников этих вузов!

В настоящее время университеты идут на поводу требований бизнеса и стихийного запроса населения в получении гуманитарных специальностей, без учета потребностей государства в технических специалистах для реального сектора экономики. Подготовка гуманитарных специалистов не требует больших вложений и приносит реальный доход учебным заведениям.

В этой связи хотелось бы напомнить, что Президент РК Назарбаев Н. А. в своих Посланиях неоднократно озвучивал необходимость сокращения числа вузов, готовящих гуманитарных специалистов, и направить силы на подготовку специалистов технического профиля.

Коллектив Жамбылского отделения Национальной академии естественных наук РК это поручение главы государства воспринял как руководство к действию. В противовес сотням созданных в республике гуманитарных вузов, в 2008 году в городе был организован Таразский технический институт (ТарТИ). Перечень технических специальностей института был подобран в соответствии с требованиями реализации планов «Индустриально - инновационного развития области», согласован и поддержан Акиматом Жамбылской области. Причем, вновь созданный технический институт, вместе с действующим Таразским гуманитарно-техническим колледжем образовал учебный комплекс по непрерывной подготовке технических специалистов трех уровней: ***рабочий – техник – бакалавр (инженер)!*** Уверен, что учебный комплекс такого рода – был единственным в республике! Таким образом, нам удалось осуществить основу современной концепции – непрерывность подготовки технических специалистов.

О необходимости и заинтересованности реального производства в развитии технического образования говорит тот факт, что Таразский технический институт, даже в неблагоприятный период кризиса, смог наладить партнерские отношения с некоторыми предприятиями – заказчиками технических специалистов, такими как ТОО «Казфосфат», НАК «Казатомпром», «KEGOC» и другими.

К сожалению, поддержку в организации технического вуза (ТарТИ) со стороны МОиН мы ощутили только на этапе выдачи лицензии. Вместо того чтобы дать возможность новому вузу в течение 4-5-ти лет «встать на ноги», МОиН РК сразу стало «душить» вновь организованный технический вуз комиссиями и неплановыми проверками: в самом начале первого учебного года уже была организована прокурорская проверка на предмет выполнения положений и инструкций. По ее результатам дело передано в суд за то, что в вузе нет на дневном отделении 400 студентов! И все дальнейшие годы существования институт постоянно испытывал искусственно создаваемые трудности. За неполные шесть лет работы институт пережил тринадцать комиссий: например, в июне 2011 года институт прошел Государственную аттестацию, а в апреле 2012г. уже была организована проверка института на соответствие лицензионным требованиям!? Институт пережил две судебных волокиты, две государственных аттестации и постоянные процедуры объединения с гуманитарными университетами! Все многочисленные комиссии постоянно выявляли один основной недостаток – невыполнение инструкции, обязывающей вуз иметь контингент студентов не менее 960 человек!

Из-за таких невыносимых условий в 2014 году институт вынужден был согласиться с предложением МОН РК прекратить свою деятельность. Хотя он вел работу с 17-ю предприятиями по подготовке, по их заказам, технических специалистов для работы на производстве! На момент закрытия в институте по заказам предприятий обучалось более 100 студентов по 8-ми техническим специальностям!

В настоящее время общественность постоянно отмечает низкий уровень подготовки специалистов! Особенно - технических. Люди регулярно слышат о разрушении новых или еще строящихся жилых домов, школ, больниц, мостов и переходов. Часто в новых жилых домах невозможно жить – из-за неработающих инженерных коммуникаций. Главная причина всему этому – низкая квалификация сегодняшних специалистов и отсутствие у них социальной ответственности.

Причины низкого уровня подготовки специалистов всем известны:

- для ППС вузов отсутствует постоянно действующая система переподготовки и повышения квалификации;
- оторванность учебного процесса от научно-исследовательской работы вуза;
- оторванность учебного процесса от нужд производства (участие студентов в хоздоговорных НИР, реальные курсовые и дипломные проекты, выполнение лабораторных работ на производственных установках и др.);
- устаревшая материально-техническая база на инженерных специальностях;
- недостаточная практическая подготовка студентов, связанная с трудностями организации производственных практик;
- недостаточно современной учебной технической литературы, особенно на государственном языке.

Если посмотреть прайс-лист любого издательства, там всегда преобладает литература гуманитарной тематики, а новой технической литературы, а особенно на государственном языке, практически нет.

Чтобы хоть как то восполнить этот пробел, по инициативе НАЕН РК группа ученых под моим руководством провела большую работу по созданию учебников на казахском языке по ряду технических дисциплин, изучение которых необходимо при подготовке специалистов почти всех технических профилей:

- «Материалдар кедергісі» - «Сопротивление материалов»;
- «Машина бөлшектері» - «Детали машин»;
- «Серпімділік, пластикалық, жылжу теорияларының негіздері» - «Основы теории упругости, пластичности и ползучести»;
- «Уран өндіруге арналған негізгі әдістерді салыстырмалы түрде экологиялық өэкономикалық талдау» - «Сравнительный эколого-экономический анализ основных методов добычи урана»;

- «Минералды шикізаттарды өндіру және қайта өңдеу кездеріндегі радиоэкологиялық мәселерлер » - «Радиоэкологические проблемы добычи и переработки минерального сырья».

Эти учебники, переработанные и переизданные в 2017 году, необходимы не только для студентов технических вузов, но и для действующих специалистов для повышения их теоретической подготовки. Хочу отметить, что руководители многих предприятий не отказываются приобрести выше указанные учебники на государственном языке для технических библиотек своих предприятий. В то же время ректора университетов, даже имеющих технические специальности, их приобретают с неохотой.

Считаю необходимым в масштабах республики активизировать работу по созданию современной технической учебной литературы, особенно на государственном языке. Причем конкурсы на их издания нужно объявлять не среди издательств, а среди авторских коллективов.

Большой объем работы и опыт по созданию и организации учебного комплекса по непрерывной подготовке технических специалистов трех уровней позволяет нам сделать некоторые выводы.

При максимальной ориентации технического образования на конкретные потребности реального сектора экономики, должны быть учтены следующим моменты:

- создать (реорганизовать) техническое учебное заведение, или открыть техническую специальность, неизмеримо труднее, чем гуманитарное. Для этого требуется солидная материально-техническая база. Показательно, что за годы независимости в республике было создано более 100 гуманитарных вузов и ни одного технического (кроме ТарТИ);

- для молодежи, учиться на технических специальностях гораздо труднее, чем на гуманитарных. Ведь не зря, в советское время стипендии в технических институтах были в полтора раза выше, чем в гуманитарных;

- видимо необходимо разработать «Статус технического вуза», в котором предусматривалась бы всесторонняя поддержка технического образования вплоть до оснащения технических учебных заведений современными учебниками, лабораторным и учебно-производственным оборудованием, не зависимо от форм собственности учебного заведения. Ведь все они решают одну общую задачу – подготовку технических специалистов для реального сектора экономики республики.

- для подготовки технических специалистов огромное значение имеет уровень организации производственных практик. В этом вопросе сейчас испытывают трудности все учебные заведения, в том числе и государственные. Считаем необходимым не просто продекларировать важность этой формы учебного процесса, но и на государственном уровне заинтересовать производственные предприятия в приеме студентов на практику и созданию условий для выполнения ее программы;

- в настоящее время в республике идет внедрение прогрессивного метода обучения – «Дуальной системы подготовки». Однако внедрение этой системы целиком возложено на учебные заведения. В таких условиях она держится только на энтузиазме руководителей учебных заведений и их личных связях с руководителями предприятий, и будет существовать недолго. В этом деле необходимо использовать большой опыт зарубежных стран, где эта работа поставлена на правительственный уровень, а дуальной системой подготовки кадров занимаются сами предприятия, учебные заведения обеспечивают только теоретическую подготовку будущих специалистов.

- пересмотреть отношение к техническим дисциплинам (математика, физика, черчение (графика), информатика) в средней школе. Наш многолетний опыт профориентационной работы в школе показывает, что многие педагогические коллективы, стремясь улучшить показатели ЕНТ своей школы, избавляются от слабых учеников (после 9 классов), уговаривают школьников не тратить силы на «трудную» физику, ориентируют их на гуманитарные предметы: историю, географию, биологию… Слабо подготовленная по математике и физике молодежь не решается сдавать ЕНТ по этим предметам. Так, например, из многих десятков грантов, выделяемых предприятиями для обучения в ТарТИ местной молодежи, удавалось реализовать только 15-20%. Так как по месту расположения предприятий не набирается достаточно выпускников школ, которые бы проходили тестирование по физике, и получили бы по математике проходной балл по ЕНТ.

В ближайшие сроки эту проблему кардинально будет решить очень трудно. В качестве одного из вариантов временного выхода из такой ситуации предлагаем внедрить следующие условия: для молодежи, решившей осваивать технические специальности, распоряжением Министерства необходимо сделать исключения по снижению входных требований по этим дисциплинам при поступлении в технические вузы. При этом технические институты должны взять на себя обязательства в период первого учебного года обеспечить необходимую «подготовку» (переподготовку) таких абитуриентов по физике, математике, инженерной графике и информатике в пределах школьной программы.

В создавшейся в настоящее время ситуации перекоса ориентации молодежи и многих граждан республики на гуманитарные специальности считаю необходимым на государственном уровне пересмотреть отношение к работникам производственной сферы – созидателям материальных благ. Ведь именно они: инженеры, агрономы, животноводы, работники сферы реальной экономики, создают материальные блага, необходимые для жизни общества и каждого человека. Поэтому в обществе, в государстве, которое планирует сохранить экономическую независимость и развиваться, должна доминировать эта категория тружеников. Специалисты гуманитарных профилей: экономисты, врачи, юристы, артисты, должны создавать первым условия для плодотворный работы, говоря прямым языком – обслуживать их. Только при такой раскладке будет процветать общество и каждый человек в нем.

При этом важно не просто принять и объявить «Статус созидателя», но и создать на государственном уровне предпосылки для их подготовки, обучения студентов на соответствующих специальностях, определить условия обучения и работы, обеспечить приоритетность со-

циального обслуживания и пенсионного обеспечения. Предусмотреть другие льготы в зависимости от вида производства, стажа, квалификации и вклада в развитие производства. Разве это порядок, когда финансисты, которые просто считают деньги, получают в несколько раз больше, чем работники производства, которые эти средства зарабатывают?! И потом, разве можно сравнить условия работы банковского работника и, например, инженера шахты или металлургического комбината?!

Желательно пересмотреть программу «Болашак» в плане увеличения грантов на технические специальности и отслеживания рационального использования выделенных средств. Сейчас мы имеем факты, когда специалисты, подготовленные за рубежом по этой государственной программе и за хорошие деньги, предоставлены сами себе в поисках работы. А сам Президент государства вынужден просить предпринимателей принимать их на работу. Необходимо реально, еще на начальном этапе, закрепить всех стипендиатов за предприятиями и организациями, не зависимо от форм собственности. Предприятия должны определять их квалификационные характеристики, согласовывать и даже утверждать программу (траекторию) их подготовки, давать задания на изучение определенных курсов, новых технологий, разработку проектов, которые выпускники должны будут внедрять на этом производстве. Такой порядок обеспечит рациональное использование государственных средств на подготовку специалистов, носителей передовых технологий, и их отдачу.

Но все-таки главным условием реализации поставленных Президентом РК Назарбаевым Н.А. грандиозных задач модернизации экономики страны является развитие производства, отраслей реальной экономики (и создание рабочих мест). Если за все годы независимости основными объектами вложения капиталов остаются торгово-развлекательные центры, значит, в республике имеются огромные недоработки в инвестиционной политике.

При условии низкой инвестиционной привлекательности реального сектора экономики, использовании устаревших основных фондов промышленности, выпускающей неконкурентную продукцию, рассчитывать на рост производства, на повышение спроса на науку и высокие технологии не приходится.

А грандиозные стратегические цели — подъем экономики на основе технологической модернизации, поддержка курса на развитие науки и образования, выход на международные рынки с высокотехнологичной конкурентоспособной продукцией, не подкрепленные наличием первоклассных кадров и условий для их работы, останутся лишь декларациями.

Г.К. КАЙЫРДЫ, И.В. ВИЗГАЛОВ

МЕТОД АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОГО ЗОНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ИОННОГО ТОКА

Аннотация. В данной работе описана методика автоколебательного зонда. В основе данной методики лежит развитая ранее математическая модель вторично-эмиссионной неустойчивости плазменно-поверхностного контакта. Метод автоколебательного зонда предназначен для измерения параметров плазмы пучково-плазменного разряда (ППР) в приосевой зоне пучково-плазменных установок, которые используются для имитации периферийной плазмы токамаков, а также для реализации воздействия ППР на конструкционные материалы.

Ключевые слова: зондовая диагностика, вторично-эмиссионная неустойчивость, зонд Ленгмюра, периферийная плазма, пучково-плазменный разряд.

Введение

Современные методы диагностики плазмы чрезвычайно разнообразны. Однако, на сегодняшний день единственным общедоступным способом, позволяющим определять локальные параметры плазмы(потенциал плазмы, электронная температура, ионный ток насыщения, концентрация плазмы и т.д.) является зондовая диагностика. Впервые зонды для исследования плазмы стал применять Ленгмюр (Langmuir) в 1924г.[1]. В простейшем варианте измеряется зависимость тока на зонд от приложенного к нему напряжения, т.е. измеряется вольт-амперная характеристика зонда. Это является основной задачей зондовой диагностики.

Применение классической зондовой диагностики затруднено в присутствии высокоэнергетичной группы электронов, что характерно для ППР и периферийной плазмы токамаков из-за нарушения условий применимости (отсутствие электронной эмиссии с поверхности зонда, высокий нагрев электрода, недопустимо присутствие диэлектрических пленок, которые способствуют усилению вторичной электронной эмиссии). В данной работе исследуется возможность использования высокой вторичной электронной эмиссии для реализации автоколебательного режима зонда. Для определения ионного тока насыщения используется особенность форм осциллограмм релаксационных автоколебаний. В основе автоколебательного режима зонда лежит развитая ранее модель автоколебаний тока и напряжения в цепи плазменно-поверхностного контакта, которая с хорошей точностью описывает осциллограммы реальных автоколебаний, особенно в области значений импульсного напряжения, которое значительно превышает ускоряющее напряжение электронной пушки, когда присутствует вторичная ионно-электронная эмиссия [2,3,4,5].

Теория автоколебательного режима зонда

Неподавленная вторичная эмиссия при измерении параметров сильно неравновесной плазмы в значительной мере искажает результаты зондовых измерений, что их интерпретация становится невозможной и может вводить в заблуждение относительно реальных параметров плазмы, поэтому одним из способов решения этой проблемы является использование зонда в автоколебательном режиме. Из радиофизики: автоколебательная система это нелинейная и диссипативная динамическая система, преобразующая энергию постоянного источника, не обладающего колебательными свойствами, в энергию периодических и незатухающих колебаний [6]. Неустойчивость плазменно-поверхностного контакта по вторично-эмиссионному механизму развивается по подобному принципу: в фазе при малых напряжениях в контактном слое происходит поглощение энергии от источника смещения и значительное накопление энергии в реактивном элементе – индуктивности, а при высоких напряжениях происходит диссипация этой энергии.

Возбуждение вторично-эмиссионной неустойчивости плазменно-поверхностного контакта происходит за счет надтепловой группы электронов ППР, роль которых в ионизации газа становится преобладающей. Схема возбуждения автоколебаний, показана на рисунке 1.

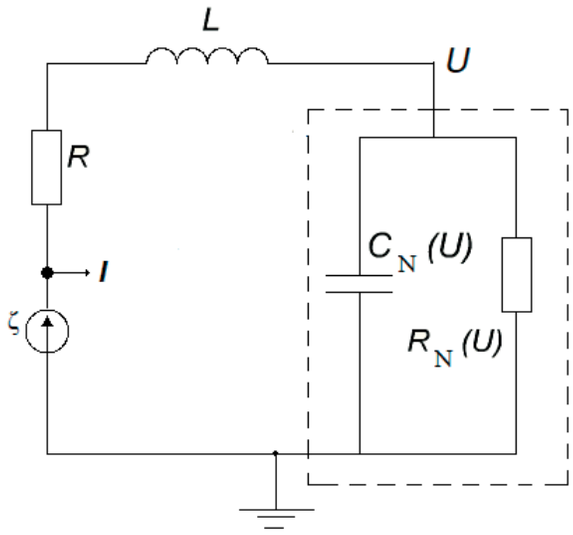


Рисунок 1. Эквивалентная электрическая схема поверхностно-плазменного контакта:
ζ – источник ЭДС постоянного тока, R – полное сопротивление внешней цепи, L –индуктивность цепи, $C_N(U)$ – нелинейная емкость, $R_N(U)$ – нелинейное сопротивление, определяемое с помощью ВАХ $I_N(U)$, U – напряжение на контактной пластине.

На этой схеме поверхностно-плазменный контакт изображен параллельно включенным нелинейным сопротивлением, характеризуемым заданной вольт-амперной характеристикой (ВАХ) $I=I_N(u)$, и нелинейной емкостью $C_N(u)$. Для описания разрядной цепи необходимо также ввести реактивный элемент цепи L, балластное сопротивление R и ζ источник ЭДС [4,5].

Состояние системы характеризуются полным током в цепи электрода $I(t)$ и его потенциалом $U(t)$. Динамические переменные $I(t)$ и $U(t)$ и их производные связаны уравнениями Кирхгофа для полного напряжения замкнутой цепи и точки ветвления тока:

$$\zeta = u + R\ + L\frac{dI}{dt}, \qquad (1)$$

$$I = I_N(u) + \varepsilon_0 \frac{dE}{dt} S, \qquad (2)$$

где $I_N(u)$ - мгновенная (конвективная) ВАХ зонда, принимающая N-образную форму в области ионного насыщения в результате повышенной вторичной электрон-электронной эмиссии под воздействием надтепловой группы электронов на контактную поверхность зонда. Характерный вид мгновенной ВАХ при наличии диэлектрического покрытия на контактной поверхности зонда и в присутствии надтепловой группы в электронном энергетическом спектре плазмы показан на рисунке 2(а).

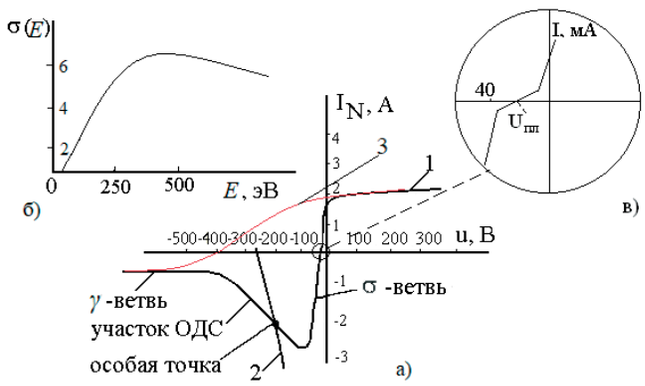


Рисунок 2. – Характерный вид мгновенной ВАХ: а) 1 – при наличии надтепловых электронов, 2 – нагрузочная характеристика источника смещения пластины, 3 – классического зонда; б) характерные зависимости коэффициента вторичной электрон-электронной эмиссии от энергии электронов, поступающих из разрядного канала на контактный слой; в)- особенность ВАХ в окрестности плавающего потенциала, определяемая наличием тонкой диэлектрической пленки.

На рисунке 2 (б) показана типичная зависимость коэффициента вторичной электрон-электронной эмиссии (ВЭЭЭ с коэффициентом σ) от энергии электронов для контактной поверхности, а на рисунке 2 (в) показан, в увеличенном виде, хорошо наблюдаемый при малом шаге изменения напряжения, излом ВАХ при переходе через плавающий потенциал ($U_{пл}$). Сильная зависимость формы фазовой траектории от положения низковольтного участка с крутым ростом абсолютной величины тока (σ-ветви) ВАХ, последующего ее N-образного спада и пологой, за счет вторичной ион-электронной эмиссии (ВИЭЭ с коэффициентом γ), γ-ветви ионного насыщения дает возможность получить информацию о параметрах плазмы, контактирующей с зондом из осциллограммы тока и напряжения. Характерные особенности фазовой траектории и временных разверток

тока и напряжения зонда можно использовать для восстановления основных плазменных параметров, опираясь на знание внешних управляющих параметров.

Для перевода *N*-образной части ВАХ и нагрузочной характеристики источника питания в первый квадрант переменных *(U,I)* для удобства, необходимо поменять знаки токов и напряжений, в этом случае систему уравнений (1), (2) можно преобразовать к виду:

$$\frac{dU}{dt} = B \cdot (U)^{\frac{3}{4}} \cdot \left(I - I_N(u)\right), \quad (3)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\zeta - u - R}{L}, \quad (4)$$

где при достаточно больших смещениях потенциала поверхности относительно плазмы можно считать, что

$$B = 0.8 \cdot 10^{10} \cdot M^{\frac{-1}{4}} \cdot S^{-1} \cdot J_+^{\frac{-1}{2}}, \quad (5)$$

где J_+ - плотность ионного тока насыщения в А/см², M - масса ионов в а.е., S - площадь контактной поверхности зонда в см².

Нелинейная система дифференциальных уравнений (3), (4) используется при анализе устойчивости и при численном моделировании параметров автоколебаний.

В данной методике автоколебательного зонда наиболее просто установить характеристики ВАХ в области ионного насыщения (γ-ветви), которая с точностью до некоторого значения эффективной ВИЭЭ с коэффициентом γ, соответствует ионному току насыщения. Относительно низкое положение γ-ветви по сравнению с эмиссионным максимумом *N*-образной ВАХ при низких напряжениях зонда и слабой зависимостью $I_+(1+\gamma(U))$, определяет возможность генерации высоковольтных импульсов, при которых полностью тормозятся надтепловые электроны из плазмы и исключается вторичная электрон-электронная эмиссия. Таким образом, высокая ВЭЭЭ создает возможность осуществлять быструю развертку в автоколебательном режиме работы замкнутой цепи зонда, а низкая ВИЭЭ по форме высоковольтного импульса и соответствующего токового импульса позволяет определять ионный ток насыщения. При этом значение коэффициента ВЭЭЭ не влияет на измерение ионного тока насыщения и плотности плазмы, несмотря на то, что входит в амплитудное значение импульса.

В предлагаемой методике регистрация осциллограмм тока и напряжения автоколебаний производится с контактной поверхности коллекторной сборки, площадь взаимодействия которой регулируется охлаждаемой диафрагмой, в высокочастотном и высоковольтном релаксационном режиме с использованием только постоянного источника ЭДС. Принципиальная схема коллекторной сборки представлена на рисунке 3.

Соответствующая релаксационным автоколебаниям фазовая траектория дважды пересекает ВАХ при максимальном и минимальном напряжении (рисунок 4). Наглядное общее представление о мгновенной ВАХ нам дает форма фазовой траектории на рисунке 4.

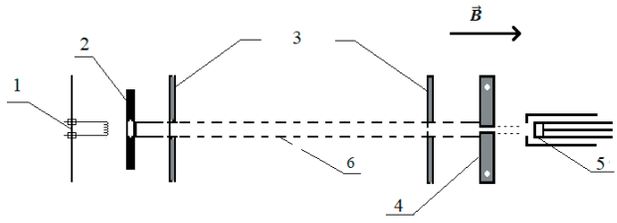


Рисунок 3. Принципиальная схема коллекторной сборки: 1 – катод; 2 – анод; 3 – диафрагмы; 4 – водоохлаждаемая диафрагма; 5 –торцевой зонд, встроенный в коллекторную пластину; 6 – плазменный шнур; $\vec{B}$ – направление продольного магнитного поля.

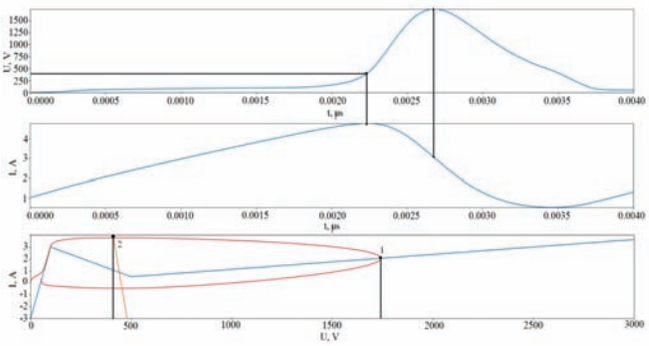


Рисунок 4. Расчетные временные развертки сигналов тока и напряжения.
а) развертка сигнала напряжения по времени; б) развертка сигнала тока на зонд по времени в) фазовая траектория автоколебания (красная линия).

Помимо фазовой траектории на рисунке 4 указаны N-образная ВАХ контактной поверхности (синяя линия) и нагрузочная характеристика источника постоянного смещения (оранжевая прямая). Для удобства при проведении численных расчетов знаки токов и напряжения изменены на противоположные по отношению к общепринятым направлениям при зондовых измерениях. Благодаря высокой частоте автоколебаний и значительным токам смещения изображающая точка, соответствующая мгновенному состоянию динамической системы, представляющей собой замкнутую цепь с зондом в качестве нелинейного элемента может очень сильно отклоняться от мгновенной ВАХ плазменно-поверхностного контакта. Тем не менее, фазовая траектория имеет достаточно точно устанавливаемые точки пересечения с ВАХ и нагрузочной характеристикой источника постоянного питания. Важными для метода автоколебательного зонда являются точка (1) пересечения фазовой траектории с ВАХ и точка (2) пересечения фазовой траектории с нагрузочной характеристикой на рисунке 4. Эти точки могут выступать в качестве реперных для фазировки сигналов тока и напряжения при практической реализации автоколебательной зондовой методики согласно развитым модельным представлениям.

Пересечение с ионной ветвью происходит вертикально при максимальном напряжении (точка 1 на рисунке 4). В этой точке производная от напряжения по времени обращается в ноль. Ток смещения также обращается в ноль, поэтому ток на поверхность соответствует полному току заряженных частиц (только конвек-

тивной составляющей). Это с точностью до электронной эмиссии соответствует ионному току насыщения $I_i(1+\gamma)$, если отрицательное напряжение в импульсе превышает ускоряющее напряжение электронной пушки. На рисунке 4 модельная ионная ветвь ВАХ поднимается за счет роста ион-электронной эмиссии. В случае водородной плазмы коэффициент вторичной ион-электронной эмиссии на уровне сотых долей, вплоть до энергии порядка 10 кэВ. В силу незначительной эффективности взаимодействия тяжелых атомных частиц с электронной подсистемой поверхностного диэлектрического покрытия его наличие не приводит к значительному увеличению эмиссионного тока. Поэтому в первом приближении при диагностике водородной плазмы ППР коэффициентом ВИЭЭ можно пренебречь.

Метод автоколебательного зонда удобно совместить с обычной зондовой методикой с разверткой по напряжению в низковольтной области напряжения, где происходит переход от электронного насыщения к резко изменяющейся ветви ВАХ, которая предшествует максимуму эмиссионного тока и переходу на падающий участок ВАХ. На рисунке 5 показан пример такой ВАХ.

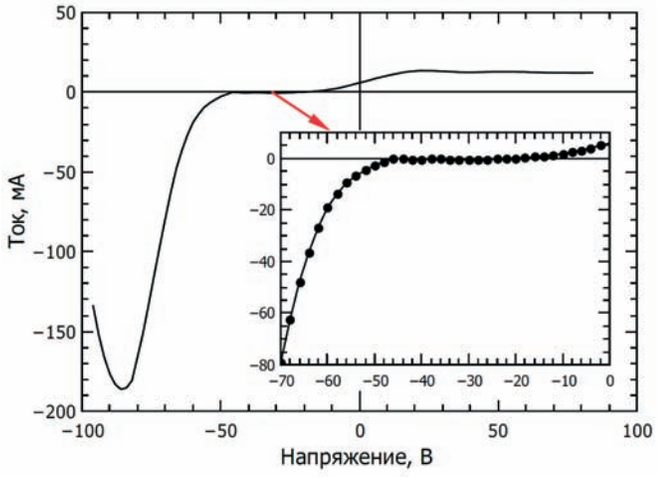


Рисунок 5. Экспериментальная ВАХ алюминиевого коллектора в ППР после формирования эмиссионной оксидной пленки.

Появление затянутого перехода через плавающий потенциал при нулевом токе информирует о формировании на контактной поверхности диэлектрической пленки, для обеспечения проводимости поперек которой необходимо приложить относительно небольшое напряжение. Можно считать, что при смене знака тока от режима сбора электронов к режиму эмиссии и сбора ионов напряжение поперек пленки изменяется от 20 В до минус 20 В. Относительно стенок камеры напряжение металлической подложки при этом изменяется от минус 10 В до минус 50 В, относительно потенциала плазмы от минус 30 В до минус 70 В. В методе автоколебательного зонда к металлической подложке прикладываются значительно большие напряжения – сотни и тысячи вольт, поэтому в первом приближении падением напряжения в пленке и потенциалом плазмы можно пренебречь. Если на ВАХ отсутствует уменьшение плавающего потенциала, «полочки» при переходе тока через нулевое значение, а также резкий рост эмиссионного тока, то метод автоколебательного зонда не может применяться.

Пересечение фазовой траектории и нагрузочной характеристики источника смещения происходит горизонтально, когда dI/dt и dI/dU равны нулю. Это условие можно использовать для уточнения фазировки сигналов тока и напряжения. При регистрации высокочастотных сигналов тока и напряжения на разные каналы осциллографа может наводиться значительный сдвиг фаз, связанный с паразитными и неконтролируемыми емкостными и индуктивными составляющими измерительных цепей, усилителей и соединительных кабелей. Согласно представленной выше модели в режиме генерации автоколебаний ток должен опережать напряжение. Максимум отрицательного значения тока на зонд должен соответствовать моменту пересечения фазовой траекторией нагрузочной характеристики источника постоянного смещения. Значение смещения в этот момент известно, поскольку задается постоянным источником напряжения. Таким образом, фазу максимума отрицательного значения тока необходимо сдвинуть к значению напряжения на источнике смещения (на переднем фронте импульса). Далее необходимо определить ток в максимуме напряжения, который соответствует пересечению фазовой траектории с γ-ветвью ВАХ. Согласно описанной методике автоколебательного режима зонда данный ток используется для определения плотности ионного тока насыщения.

Заключение

Применение методики автоколебательного режима зонда позволит измерить ток ионного насыщения именно для относительно больших напряжений смещения при отсутствии специальной системы развертки, которая необходима в схеме классического зонда Ленгмюра для предотвращения электрических пробоев, искажающих результаты измерения. Особенно это важно при использовании ППР при исследовании плазменно-поверхностного взаимодействии в периферийной зоне магнитных ловушек. Данная методика подходит для диагностики стационарной неравновесной плазмы в ППР.

Список литературы

1. Langmuir I., Mott-Smith H., // Physical Review. 1926. Vol. 28. № 5. P. 727-763.

2. Vizgalov I.V., Kirnev G.S., Kurnaev V.A., Sarytchev D.V., Savjolov A.S. Penning discharge in regime of RF autogeneration. Proc. Of XXII international conf. On phenomena in Ionized Gases, Toulouse, France, 1997, V.II, p.26.

3. Визгалов И.В. и др. Исследование механизмов зажигания и условий существования самостоятельного ВЧ-втогенерирующего разряда. VIII-я конференция по физике газового разряда, Рязань, 1996г., ч.1, с.86-87.

4. Визгалов.И.В., Кирнев.Г.С., Курнаев.В.А.// Известия.РАН, сер. Физическая. Т.60. 1996. – С.168.

5. Акел М. Электромагнитные колебания при неустойчивом плазменно-поверхностном взаимодействии: дис. на соискание уч.ст. канд. физ.-мат. наук. М., 2014.

6. Анищенко, В. С. Регулярные и хаотические автоколебания. Синхронизация и влияние флуктуаций / В. С. Анищенко, В. В. Астахов, Т. Е. Вадивасова. – Долгопрудный: Интеллект, 2009. – 312 с.

НУГУМАНОВА А.Б., МАКЕНОВ А.А., ЕКИМОВ С.В.

АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ, ОСНОВАННЫЕ НА ОНТОЛОГИЯХ

Аннотация. Ключевым техническим условием, которое накладывает разработка таких многокомпонентных и сложных систем, как интеллектуальные транспортные системы, является обеспечение возможности обмена данными между компонентами.Одним из эффективных способов повышения синтактической и семантической интероперабельности компонентов интеллектуальной системы является использование онтологий. В данной работе рассматриваются архитектуры интеллектуальных транспортных систем, основанные на онтологиях, и представлены некоторые общие принципы их построения. В работе приведена практическая реализация предлагаемого подхода на примерекрупного технологического проекта, осуществляемого на заводе «Азия Авто». Конечным результатом проекта является создание интеллектуальной платформы BipekConnect, предназначенной для дистанционного управления параметрами подключенного автомобиля, а также для мониторинга вождения.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, подключенный автомобиль, Интернет вещей, онтология, семантическая интероперабельность, онтологический инжиниринг.

Аңдатпа. Зияткерлік көлік жүйесі сияқты көп компонентті және күрделі жүйелерді әзірлеуді талап ететін, негізгі техникалық шарт компоненттер арасында деректер алмасу мүмкіндігін қамтамасыз ету болып табылады. Зияткерлік жүйе компоненттерінің синтактикалық және семантикалық интероперабельдігін арттырудың тиімді тәсілдерінің бірі онтологияларды қолдану болып табылады. Бұл жұмыста онтологияға негізделген зияткерлік көлік жүйелерінің архитектурасы қарастырылады, және оларды құрудың кейбір жалпы қағидалары ұсынылған. Жұмыста «Азия Авто» зауытында жүзеге асырылатын ірі технологиялық жоба мысалында ұсынылған тәжірибелік жүзеге асыру келтірілген. Жобаның соңғы нәтижесі болып, қосылған автомобиль параметрлерін қашықтан басқару үшін, сондай-ақ жүргізу мониторингі үшін арналған зияткерлік BIPEK Connect платформасын құру болып табылады.

Түйінді сөздер: зияткерлік көлік жүйелері, қосылған автомобиль, ғаламтор заттары, онтология, семантикалық интероперабельділік, онтологиялық инжиниринг.

Abstract. The crucial technical condition imposed by the development of multi-component and complex systems such as intelligent transport systems is the ability to exchange data between components. One of the effective ways to enhance the syntactic and semantic interoperability of the components of an intelligent system is the use of ontology. This paper discusses the architecture of intelligent transport systems based on ontologies, and presents some general principles of their construction. The paper presents the practical implementation of the proposed approach on the example of a large technological project carried out at the “Asia Auto”. The end result of the project is the creation of an intelligent platform Bipek Connect, designed to remotely control the parameters of the connected vehicle, as well as to monitor driving.

Keywords: Intelligent Transport Systems, Connected Car, Internet of Things, Ontology, Semantic Interoperability, Ontological Engineering.

Введение

Цифровой транспорт или интеллектуальные транспортные системы получают все более широкое распространение в различных странах мира. Например, в Европе главным двигателем проектов «цифровой транспорт» и «цифровая логистика» является Германия, которая рассматривает саму концепцию цифрового транспорта как ключевой элемент Четвертой промышленной революции (Индустрии 4.0) [1].

Понятие Индустрии 4.0, характеризующейся размыванием границ между физическим и виртуальным миром, подразумевает же построение интеллектуальных систем, которые связаны в единую сеть и позволяют сформировать самодостаточный производственный процесс. Благодаря интеграции возникают интеллектуальные цепочки создания добавочной стоимости, в которые могут встраиваться новые сервисы для потребителей, повышающие качество и доступность продуктов и услуг. Поэтому, актуальность проектов «Цифровой транспорт» и «Цифровая логистика» определяется не только возможностями оптимизации затрат и снижения издержек за счет цифровой интеграции, но и возможностями создания новой добавочной стоимости, которые открываются благодаря интеллектуализации.

Интеллектуальные транспортные системы можно определить как технологические платформы, интегрирующие цифровые технологии и интеллектуальные решения с транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и пользователями в целях повышения эффективности и безопасности транспортного процесса, улучшения качества и доступности предлагаемых продуктов и услуг. Одним из мировых технологических трендов в этой области является концепция «Подключенный автомобиль» (Connected Car), которая является частью более общей концепции «Интернет вещей» (Internet of Things).

Под подключенным автомобилем понимается транспортное средство, которое через коммуникационные каналы сети Интернет может обмениваться информацией с другими системами и устройствами [2, 3]. Как только автомобиль будет подключен, появится возможность через соединение «закачивать» в него услуги, кото-

рые связаны с безопасностью движения, управлением функциями автомобиля, контролем технического состояния, страховыми сервисами и т.д. [4]. Таким образом, в управляющую систему подключенного автомобиля могут быть интегрированы различные «умные» устройства и приложения, снимающие с человека часть нагрузки по управлению автомобилем и по его обслуживанию.

Концепция Connected Car предоставляет широкие возможности для создания интеллектуальных транспортных систем, поддерживающих взаимодействие по типу «автомобиль–инфраструктура», «автомобиль–человек», «автомобиль–облако» и т.д. Например, в рамках взаимодействия «автомобиль–инфраструктура» подключенный автомобиль может считывать информацию со дорожных светофоров и дорожных знаков, выстраивать оптимальный маршрут, избегать аварий и заторов, участков дорог, на которых ведутся ремонтные работы и т.д. [4].

Ключевым техническим условием, которое накладывает разработка систем в концепции Connected Car (и, шире, в концепции Интернет вещей), является возможность обмена данными между всеми компонентами (устройствами и приложениями). Однако поскольку в создании этих компонент принимает участие множество производителей, возникает сложная научно-техническая проблема синтаксической (структурной) и семантической (содержательной) интероперабельности.

Европейская комиссия для разработки общих подходов к решению этой проблемы в январе 2016 года профинансировала 7 проектов, которые касаются различных аспектов интероперабельности в Интернете вещей [5]. В конце 2016 года группа ведущих организаций, которые тесно связаны с продвижением экосистемы Интернета вещей, опубликовала технический документ «Семантическая интероперабельность для Интернета вещей» [6].

В ней рассматривается один из возможных методов решения проблемы семантической интероперабельности, в основе которого был использован онтологический подход. Как отмечается в [7], онтология как инструмент для явной спецификации концептуализации не только решает проблемы, связанные с синтаксической интероперабельностью, которые возникают из-за широкомасштабных системных архитектур и программного обеспечения, используемых различными производителями, но также обеспечивает семантическую интероперабельность, вызванную когнитивной и терминологической гетерогенностью.

Архитектуры интеллектуальных транспортных систем, основанные на онтологиях

Компоненты современных интеллектуальных транспортных систем должны иметь возможность: 1) обмениваться между собой связанными данными (синтаксическая интероперабельность); 2) правильно интерпретировать получаемую информацию, т.е. понимать ее смысл (семантическая интероперабельность).

Формальные онтологии могут использоваться для обеспечения как синтаксической, так и семантической интероперабельности, т.к. будучи независимыми от языка и машиночитаемыми, они способны обеспечить комплексное представление дескриптивной информации. Онтологии уже сейчас широко используются в приложениях искусственного интеллекта, семантического Веба, биомедицинской информатики и в проектировании информационных архитектур как формы представления знаний о мире или его части (предметной области).

Применительно к приложениям цифрового транспорта, потребность в таких онтологиях достаточно высока и обусловлена тем фактом, что в сфере организации дорожного движения и транспортной логистики до сих пор не реализованы сколь-либо согласованные концептуальные модели предметных областей.

В последние годы интерес к онтологиям для систем цифрового транспорта только возрастает [7]. Об этом свидетельствует результаты огромного количества теоретических и практических исследований, посвященные вопросам проектирования интеллектуальных транспортных систем на основе онтологий. Одной из характерных работ в этой области является работа [8]. В ней рассматриваются проблемы проектирования интеллектуальных систем поддержки водителя (Advanced Driver Assistance Systems – ADAS). Как отмечают авторы, при проектировании таких систем обязательным компонентом является база знаний, которая помогает оценивать условия дорожного движения и понимает правила.

Имея в наличии такую базу знаний, интеллектуальная транспортная система способна распознать опасную или потенциально опасную ситуацию (например, превышение скорости или возникновение препятствия) и принять решение о маневре (например, снизить скорость или повернуть) в соответствии с правилами дорожного движения. Авторы работы предложили две интеллектуальные системы с доступом к указанной базе знаний. Первая система призвана распознавать ситуации с превышением скорости, а вторая способна принимать безопасные решения при движении на нерегулируемых перекрестках.

Архитектура базы знаний, представленная в указанной работе, является достаточно типичной, и включает в себя три компонента:

1) онтологию дорожной карты;
2) онтологию управления;
3) онтологию автомобиля.

На рисунке 1 показаны основные классы онтологии дорожной карты, которые связаны между собой отношением подчинения rdfs: subClassOf.

Онтология карты содержит высокоуровневые машиночитаемые описания сетей автомобильных дорог, т.к. для того, чтобы транспортные средства могли оценивать условия движения, требуется сложная карта с обозначенными путями сообщения, перекрестками, информацией о полосах движения. Поскольку любая дорога состоит из соединенных отдельных участков, таких как переходы, полосы и дорожные сегменты, в онтологии сущностям, представляющим участки дороги, приписаны такие свойства, как map:goStraightTo, map:turnLeftTo и map: turnRightTo. Эти свойства определяют направления движения между различными участками. Заданы и другие свойства, например, свойство map:speedMax используется для описания ограничения скорости на данном участке дороги.

На рисунке 2 показаны основные классы онтологии управления, которые используются для представле-

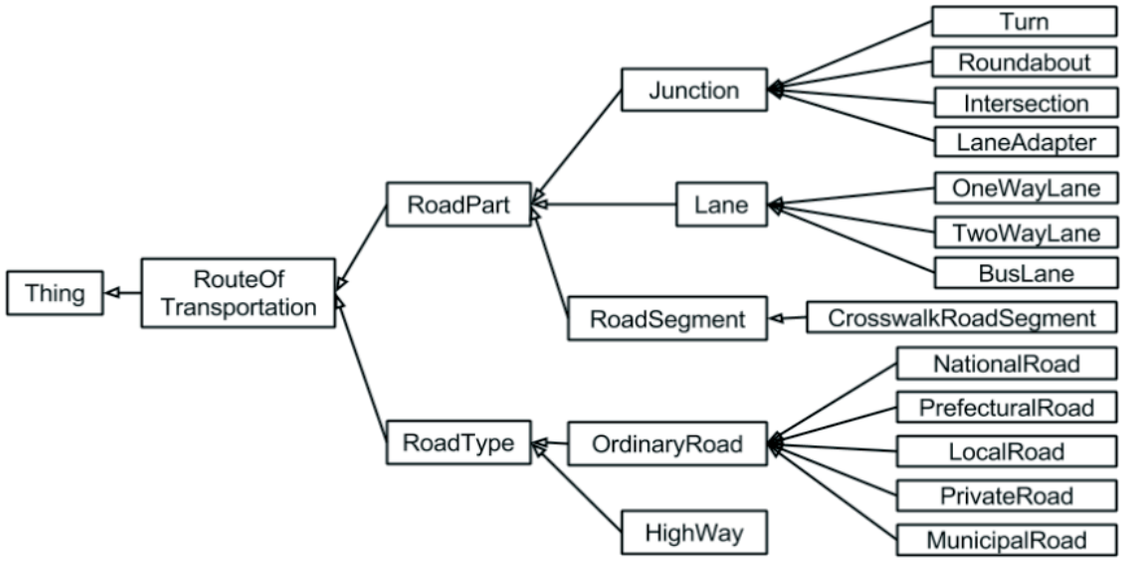


Рисунок 1 – Онтология дорожной карты (источник [8])

ния маршрутов и направления движения транспортного средства. Чтобы представить маршрут, используются сущности вида «сегмент пути» (control:PathSegment) вместо набора точек GPS траектории.

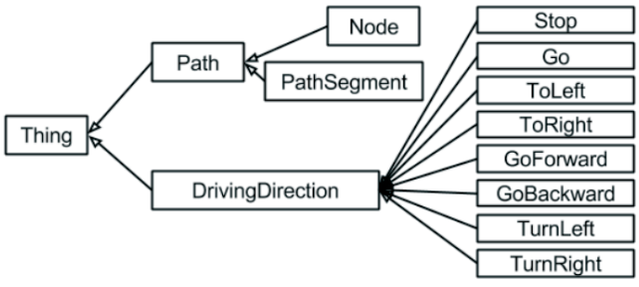


Рисунок 2 – Онтология управления (источник [8])

Сегмент пути может быть перекрестком, пешеходным переходом или поворотом. Класс Node содержит startNode и endNode, которые являются начальным и конечным положениями GPS пути. Свойство control:pathSegmentID используется для индексирования сегментов пути, control:nextPathSegment – для связывания последовательных сегментов пути, control:collisionWarningWith – для обозначения потенциальных столкновений между автомобилем и другими транспортными средствами.

На рисунке 3 показаны основные классы онтология автомобиля, которые соответствуют различным классам транспортных средств и различным типам устройств, установленных на автомобиле, таких как датчики и движки. Кроме того, реализован ряд свойств для указанных классов, например, свойство car:isRunningOn предназначено для определения текущего местоположения автомобиля.

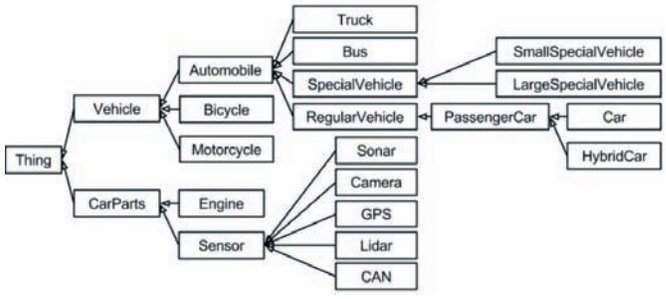


Рисунок 3 – Основные классы онтологии автомобиля (источник [8])

Для задания правил дорожного движения в базе знаний используется язык правил семантического вывода (SWRL). Правило «вправо», которое используется для управления, когда автомобиль приближается к нерегулируемому перекрестку и получает сигнал предупреждения о столкновении представлено ниже. Правило «вправо» означает, что если есть предупреждение о столкновении, автомобиль, который собирается повернуть направо, должен остановиться и уступить дорогу другому автомобилю, который едет прямо.

$$collisionWarningWith(?carX, ?carY) \Rightarrow$$
$$CollisionWarning(?carX)\ CollisionWarning(?carY)$$
$$CollisionWarning(?carX) \quad CollisionWarning(?carY) \wedge$$
$$GoForward(?carY)\ TurnRight(?carX) \Rightarrow$$
$$Stop(?carX) \wedge giveWay(?carX, ?carY)$$

На рисунке 4 показана логическая архитектура первой из предложенной авторами системы поддержки принятия решений. Данная система обращается к базе знаний, которая основана на трех представленных выше онтологиях для принятия таких управляющих решений, как «Стоп», «Налево» или «Уступи дорогу» и т.д. Система принятия решений состоит из приемника дан-

ных датчиков, базы знаний, движка запросов SPARQL и резонера SWRL.

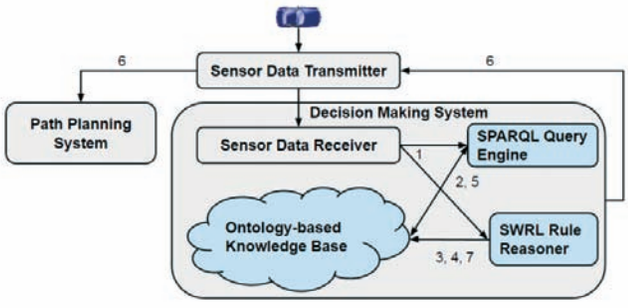


Рисунок 4 – Логическая архитектура системы поддержки принятия решений (источник [8])

Последовательность этапов работы этой системы представлена ниже:

1. Приемник данных от датчиков (сенсоров) отправляет принятый сигнал (например, предупреждение о возможном столкновении или другую информацию от другого транспортного средства) движку запросов SPARQL и резонеру SWRL.

2. Движок запросов SPARQL обращается к базе знаний для получения информации о текущей полосе, на которой находится автомобиль, следующей полосе движения, направлении движения и т.д.

3. Резонер SWRL добавляет полученные данные, такие как предупреждение о столкновении, а также данные о положении, скорости и направлении движения другого транспортного средства, в базу знаний. Например, если система обнаруживает, что автомобиль (carX) получил предупреждение о столкновении с carY, то добавляется триплет:

<carX, control:collisionWarningWith, carY>.

4. Резонер SWRL выполняет логический вывод на обновленной базе знаний, и новая информация (результат логического вывода) добавляется в базу знаний. Например, это могут быть такие решения, как «Стоп», «Налево» или «Уступи дорогу» с идентификатором другого транспортного средства.

5. Движок запросов SPARQL обращается к базе знаний, чтобы получить команды.

6. Сигналы принятия решения отправляются в систему планирования пути через передатчик данных датчиков (сенсоров) для обновления маршрута движения.

7. Затем результаты логического вывода удаляются из базы знаний.

На рисунке 5 показана логическая архитектура второй из предложенной авторами системы распознавания превышения скорости. Эта система позволяет воспринимать через датчики сигналы от дорожной среды и обнаруживать ситуации, когда возникает превышение установленной скорости. Сигналы датчика дорожной среды преобразуются в данные потока RDF. Производится запрос к базе знаний, который проверяет, превышает ли скорость движения автомобиля максимальный предел скорости. Запрос выполняется только тогда, когда автомобиль приближается к ближайшей позиции от текущего целевого узла, с которого начинается участок с ограничением скорости движения. Если из базы знаний приходит ответ, что скорость превышает предел, то автомобилю отправляется предупреждение о превышении скорости.

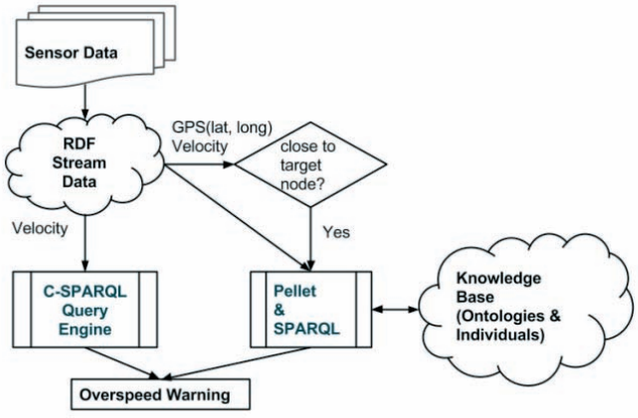


Рисунок 5 – Логическая архитектура системы распознавания превышения скорости (источник [8])

Если в работе [8] онтологии использовались, прежде всего, как инструменты высокоуровневого описания предметной области, то онтология, создаваемая в работе [9], уже напрямую направлена на решение задачи семантической интероперабельности. Подход, предлагаемый авторами, состоит в разработке онтологической модели, интегрирующей информацию из множества гетерогенных источников данных, которыми оперирует интеллектуальная транспортная система. Сначала для каждого источника данных создается своя локальная онтология, затем все локальные онтологии интегрируются в единую онтологию с использованием разнообразных алгоритмов сопоставления. Общая архитектура предлагаемой системы представлена на рисунке 6. Система состоит из четырех основных частей: 1) источники данных (Слой A); 2) семантический дескриптор (Слой B); 3) интегратор (Слой C); 4) распределитель данных (Слой D).

Слой A отвечает за управление источниками данных, присутствующими в системе. Принимаются все типы форматов данных. Это могут быть реляционные базы данных, различные файлы, API, выходные данные симуляторов, другие онтологии и т. д. Их схемы используют идентификаторы, классы. В процессе сопоставления этих схем для каждого источника данных генерируется собственная локальная онтология, принадлежащая слою B.

Слой B создает и хранит все локальные онтологии на основе каждого источника данных, присоединенного к слою A. Каждая онтология является ускорителем доступа к данным и формальным дескриптором каждого источника данных, который будет использоваться в процессе интеграции источника данных, выполняемом на слое C. Онтологии создаются автоматически и могут быть легко обновлены без прерывания работы системы, если какие-то схемы или данные в исходном источнике изменяются или даже удаляются. Когда происходят такие изменения в источниках, Слой C уведомляется об этих изменениях и автоматически адаптируется к ним.

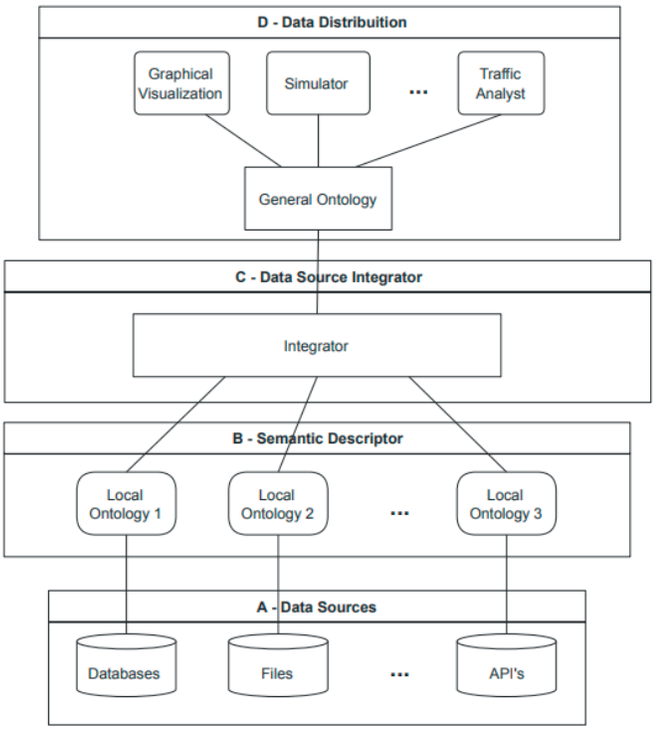


Рисунок 6 – Логическая архитектура ИТС, получающей данные от гетерогенных датчиков (источник [9])

Задача интеграции локальных онтологий возложена на слой C. Процесс интеграции использует несколько методов сопоставления классов и сущностей, имеющихся в каждой локальной онтологии. Сопоставление позволяет определять связи между данными в разных источниках данных, а также обеспечивает более быстрый и простой способ выполнения одновременного запроса ко многим источникам данных.

Основная роль слоя D заключается в публикации глобальной онтологии, которая обеспечивает доступ к данным всем сервисам интеллектуальной транспортной системы. Примерами таких сервисов являются, например, простые сервисы графической визуализации, которые используют данные из нескольких источников, чтобы помочь найти персонализированные маршруты для людей с ограниченными возможностями. Доступ можно получить через запрос SPARQL или с помощью экспорта данных из системы.

Каждый запрос к системе принимается в слое D и отправляется на уровень C для предварительной обработки, где разбивается на локальные запросы, которые затем отправляются в соответствующую локальную онтологию в слое B. Локальные запросы преобразуются в форму, понятную источнику данных. Обратный процесс преобразования применяется, когда источники данных возвращают запрошенную информацию. Ответы снова обрабатываются и преобразуются в SPARQL на слое B, агрегируются на слое C и отправляются обратно клиенту на слой D.

Еще одна программная архитектура прототипа интеллектуальной транспортной системы получила название Trontegra (комбинация трех слов: transport – транспорт, ontology – онтология, integration – интеграция). Реализованный прототип позволяет протестировать удобство использования системы при создании конкретных практических сервисов (например, сервиса определения маршрута или сервиса распознавания транспортных заторов).

По словам авторов рассматриваемой работы, им удалось решить проблему семантической интероперабельности исключительно благодаря гибкости и ясности созданных онтологических моделей. Что касается производительности системы, очевидно, что Trontegra уступает в скорости системам, обращающимся к используемым источникам напрямую. Такие задержки обусловлены затратами времени на перевод запросов с языка SPARQL и обратно и на обработку самого запроса. Однако, такой компромисс необходим, поскольку благодаря этому обеспечивается доступ к нескольким источникам данных из одного запроса. Авторы планируют продолжать развитие системы Trontegra на инфраструктуре данных, которая основана на принципах умной мобильности.

В работе [10] представлена архитектура интеллектуальной транспортной системы, которая основана на онтологии, воспринимающей информацию от сети датчиков дорожного движения. Система в автоматическом режиме выполняет различные задачи, направленные на повышение безопасности и комфорта водителя на основе информации от датчиков. Например, анализируются такие параметры как температура окружающей среды для настройки кондиционера автомобиля, учет транспортного потока и информация об уровне освещенности дороги для настройки светофора и т.д. Указанная работа примечательна тем, что система напрямую собирает информацию от датчиков без использования промежуточных приложений и способна выполнять семантическую интерпретацию полученной информации.

Как показано на рисунке 7, логическая архитектура предлагаемой системы состоит из четырех слоев. Первый слой представляет собой слой сети датчиков, развернутой вдоль дорожной инфраструктуры. Эти датчики воспринимают различные значения измерений, такие как транспортный поток и погодные условия. Второй слой это уровень базы данных, которая хранит данные датчиков. «Сырые» данные датчиков семантически обрабатываются на следующем слое – онтологическом. Слой содержит общую онтологию для описания различных понятий, объектов и ситуаций в дорожном движении (таких как транспортные средства, элементы инфраструктуры, датчики, поведение водителей), а также отношений между этими понятиями и набор правил вывода (рассуждений). Последним слоем является слой агентов, в котором различные агенты выполняют все задачи для улучшения процесса движения.

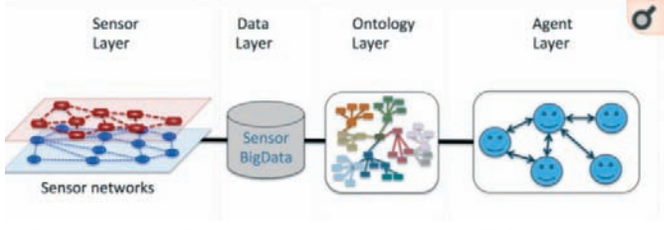


Рисунок 7 – Логическая архитектура ИТС (источник [11])

Слой сети датчиков поддерживает несколько видов датчиков: сельскохозяйственные датчики, датчики мостов, дорог, рек, туннелей, датчики людей и датчики транспортного потока. Например, датчики транспортного потока представляют собой сеть датчиков, состоящих из большого количества узлов, развернутых внутри транспортных средств и с высокой плотностью вдоль автомобильных дорог. Датчики, развернутые вдоль дорог, представляют собой высокопроизводительные недорогие ультразвуковые бесконтактные USB-сенсоры MB8450 [11https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5017452/ - B41-sensors-16-01287], которые предназначены для обнаружения транспортного средства, которое движется вблизи датчика. Они оснащены функцией мультисенсора, которая позволяет им работать даже в присутствии других ультразвуковых датчиков. В целом, такие сенсорные сети контролируют широкий спектр условий окружающей среды. В дополнение к внешним датчикам в системе также различаются датчики, которые находятся внутри автомобилей и измеряют температуру и влажность в салоне.

Слой данных представляет собой хранилище, куда данные поступают, преобразуются и сохраняются для использования в слое онтологии или слое агентов. Предназначение слоя состоит в том, чтобы обеспечивать доступ как к онлайн-данным, так и к историческим данным, объединенным с данными о погоде. Погодные данные включают в себя текущие показатели температуры и минимальные/максимальные показатели, которые могут быть достигнуты, атмосферное давление, процент влажности, скорость и направление ветра, облачность, осадки в течение последних 3 часов.

Данные собираются из нескольких источников, распределенных вокруг определенной географической области, и с определенным требованием к формату данных. Основными поставщик данных являются транспортный поток и транспортные средства. Каждый автомобиль периодически детектируется на дороге, и данные о нем сохраняются в хранилище. Это такие данные как время обнаружения, координаты (широта и долгота), скорость движения, направление, колесная база и т.д. Данные транспортного потока дополняются данными о текущей полосе, ее длине и средней интенсивности транспортного потока.

Данные датчиков обрабатываются с использованием облачной платформы. Сбор данных выполняется с использованием конвейера, который опирается на Google App Engine и Google Cloud Endpoints для создания и хостинга клиентских API. API-интерфейсы используются в клиентских приложениях, установленных на транспортных средствах для навигации, а также для передачи данных. Для хранения собранных данных используется хранилище Google Storage, откуда после преобразования и слияния с погодными данными эти данные перемещаются в Google Big Query для выполнения анализа и визуализации.

На онтологическом слое размещена онтология, которая связывает различные объекты дорожного движения. Онтология реализована на языке OWL-RDF с использованием инструмента Protégé. Для лучшего понимания структуры онтологии авторы выделяют в ней три группы взаимосвязанных понятий: 1) элементы, относящиеся к транспортным средствам; 2) элементы, связанные с дорожной инфраструктурой; 3) элементы, относящиеся к сенсорам.

Таксономия элементов, относящихся к транспортным средствам, поддерживает разделение на коммерческие автомобили, общественный транспорт (автобус и такси), частные транспортные средства (автомобиль, велосипед и мотоцикл) и приоритетные транспортные средства (машины скорой помощи, пожарные машины и полицейские машины). В этой таксономии также определены отношения между транспортными средствами и другими объектами.

Вторая группа организует элементы, связанные с дорожной инфраструктурой. В этой группе наиболее важным понятием являются дороги, которые в Японии классифицируются как местные дороги, дороги префектуры, национальные магистрали и национальные скоростные магистрали. Для лучшего управления дорожными ситуациями авторы разделили дороги на сегменты, связанные через перекрестки. Каждый сегмент содержит полосы, а на полосах представлены различные дорожные знаки, такие как знаки остановки или контроль скорости, светофоры или дорожная разметка.

Третья группа содержит понятия, связанные с различными типами датчиков, поддерживаемых интеллектуальной транспортной системой. Для управления знаниями, связанными с понятиями этой группы, авторы используют онтологию семантической сети сенсоров (SSN), которая моделирует сенсорные устройства, системы, процессы, наблюдения и показатели окружающей среды. Онтология SSN была разработана группой Semantic Sensor Networks Incubator Group, входящей в консорциум World Wide Web (W3C).

В представленной онтологии ключевым является понятие стимул, которое представляет собой обнаруживаемые изменения в окружающей среде. Фактически, стимул создается датчиком. Датчики преобразуют входящий стимул в другой. Многие датчики должны отслеживать время и местоположение для получения значимых результатов и, следовательно, объединяться с дополнительными датчиками, например, с датчиками метеорологических станций.

Как неоднократно отмечалось, интеграция и совместное использование данных датчиков становятся серьезной проблемой при применении сенсорных сетей. Чтобы в полной мере использовать данные датчика, необходимо преобразовать эти данные в семантические данные, которые могут быть поняты компьютерными системами.

В рассматриваемой работе для семантического выравнивания данных была использована процедура, ранее описанная в работе [12]. Авторы этой работы предложили схему сопоставления, которая включает в себя информацию о маркировке источников данных и данных датчика. Схема состоит из двух частей:

- *SourceMapping*, которая используется для описания исходной информации и указывает ключевые поля (например, идентификатор датчика, значение и время наблюдения и т. д.) для сопоставления с онтологией SSN;

- *SensorAnnotation*, которая используется для аннотирования каждого датчика его типом, местоположением и т.д.

С применением этой схемы данные датчиков автоматически преобразуются в триплеты RDF на основе специально разработанного алгоритма Sensor Data-to-RDF Mapping (SDRM).

В верхнем слое архитектуры используется многоагентная система. На этом уровне различные агенты выполняют свои задачи, используя информацию, хранящуюся в онтологии, через организацию запросов на языке SPARQL. Многоагентная платформа базируется на Java Developer Development Framework, поэтому для взаимодействия с агентами используется протокол ACL FIPA.

В рассматриваемой работе авторы сосредоточились на двух сервисах интеллектуальной транспортной системы: управлении настройками кондиционера и регулировке продолжительности и интенсивности сигналов светофора в зависимости от транспортного потока и погодных условий. Среди агентов, определенных для реализации этих сервисов, есть, например, агент окружающей среды, который ответствен за предоставление данных, относящейся к окружающей среде, измеряемой датчиками транспортного средства, агент светофора, ответственный за управление настройками светофора, агент погоды, предоставляющий информацию о погоде остальным агентам системы и делающий прогнозы погоды и т.д.

Одним из преимуществ многоагентной системы является то, что агенты в такой системе имеют доступ к общей базе знаний (онтологии), в отличие от индивидуальных агентов, которые имеют только частичное представление о предметной области, ограниченное их кругом задач. Владение всесторонней информацией повышает возможности принятия решений на основе реальных обстоятельств.

Таким образом, вырисовывается достаточно четкий контур построения интеллектуальных транспортных систем:

1. сеть датчиков;
2. хранилище;
3. онтология;
4. сервисы, реализованные в агентной или модульной архитектуре.

Как показывает анализ работ, архитектура ИТС, основанная на онтологии, имеет следующие преимущества:

- Точное описание данных и информации. Интеллектуальная часть ИТС использует стандартизированные термины онтологии и опирается на предоставляемую онтологией семантику для обеспечения формального описания данных. Запросы, основанные на единой семантике, менее подвержены неправильной интерпретации локальной семантики информации.
- Динамическая поддержка нескольких контекстов или интерпретация данных. Традиционная интеграция с базами данных на основе схем требует дорогостоящих обновлений для размещения новой семантики. Использование терминов онтологии как метаконструкций или мета-атрибутов позволяет правильно динамически интерпретировать различные контексты.

Одним из практических примеров внедрения концепции Connected Car в Казахстане является реализация технологической платформы Connected Car for Smart City (это рабочее название платформы), которая разрабатывается автосборочной компанией «АЗИЯ АВТО».

В настоящий момент в рамках данной платформы уже реализовано и внедрено в производство решение для конвейерной установки системы телематической охраны Bipek Contact на одну модель автомобиля при его заводской сборке на «АЗИЯ АВТО». Система телематической охраны Bipek Contact реализована как мобильное приложение, которое позволяет контролировать состояние, местоположение автомобиля и управлять основными функциями охраны, запуска двигателя. Существует также веб-версия приложения, которое доступна через интернет-портал.

В перспективе создаваемая платформа будет охватывать гораздо более широкий спектр функций, чем функции телематической охранной системы. Концептуально платформа предназначена для взаимодействия и обмена данными пользователей и автомобилей с различными сервисами Умного города (Smart City) (см. рисунок 8).

Заключение

Построение интеллектуальных транспортных систем – это сложная научная проблема, которая привлекает интерес многих исследователей в области информационных технологий и моделирования. В даннойработе мы предложили использовать один из передовых подходов, применяемых в этой области, суть которого сводится к использованию архитектуры ИТС, основанной на онтологиях.

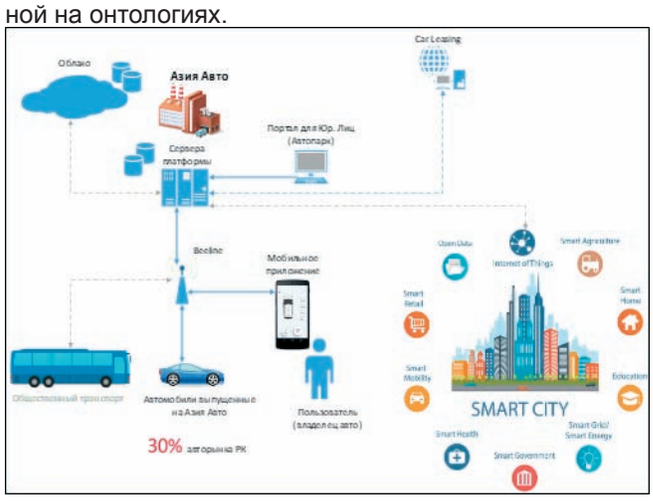


Рисунок 8 – Вектор развития транспортной инфраструктуры города

Данный подход используется в крупном технологическом проекте завода «АЗИЯ АВТО» по разработке телематической системы подключенного автомобиля. Конечным результатом проекта является создание целого комплекса технологий, которые обеспечивают решение сформулированной научной проблемы. Дальнейшими шагами по развитию проекта будут являться патентование технологии, участие в конкурсе проектов коммерциализации, исследование возможностей применения созданной технологии, особенно в городской среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Меренков А. Индустрия 4.0: Немецкий опыт развития цифрового транспорта и логистики //Управление. – 2017. – №. 4 (18). – С. 17-21.
2. Coppola R., Morisio M. Connected car: technologies, issues, future trends //ACM Computing Surveys (CSUR). – 2016. – Vol. 49. – №. 3. – P. 46-81.
3. Yogarayan S. et al. Real-Time Connected Car Services //International Journal of Human and Technology Interaction. – 2018. – Vol. 2. – №. 1. – P. 19-28.
4. Югринова Н. Дорогу покажешь? // Бизнес-журнал. – 2014. – №7 (220). – С. 14-16.
5. Ganzha M. et al. Semantic interoperability in the Internet of Things: An overview from the INTER-IoT perspective // Journal of Network and Computer Applications. – 2017. – Vol. 81. – P. 111-124.
6. Коммюнике Онтологического Саммита 2016 // Онтология проектирования. – 2016. – № 2. – С. 241-247.
7. Fernandez S. et al. Ontology-based architecture for intelligent transportation systems using a traffic sensor network //Sensors. – 2016. – Vol. 16. – №. 8. – P. 1287-1304.
8. Zhao L. et al. Ontologies for advanced driver assistance systems //Journal of the Japanese Society for Artificial Intelligence (JSAI). – 2015. – 6 p.
9. Seliverstov A., Rossetti R. J. F. An ontological approach to spatio-temporal information modelling in transportation // Smart Cities Conference (ISC2). – IEEE, 2015. – P. 21-26.
10. Fernandez S. et al. Ontology-based architecture for intelligent transportation systems using a traffic sensor network //Sensors. – 2016. – Vol. 16. – №. 8. – P. 1287-1304.
11. Akyildiz I. F. et al. Wireless sensor networks: a survey //Computer networks. – 2002. – Vol. 38. – №. 4. – P. 393-422.

Zhang X., Zhao Y., Liu W. A method for mapping sensor data to SSN ontology //Int. J. u-e-Serv. Sci. Technol. – 2015. – Vol. 8. – P. 303-316.

Škorput P., Mandžuka S., Schatten M. Terminology Extraction to Build an Ontology of Intelligent Transport Systems // International Conference «New Technologies, Development and Applications». – Springer, Cham, 2018. – P. 338-344.

Nugumanova A. et al. A New Operationalization of Contrastive Term Extraction Approach Based on Recognition of Both Representative and Specific Terms //International Conference on Knowledge Engineering and the Semantic Web. – Springer, Cham, 2016. – P. 103-118.

САГЫНГАНОВА И.К., КВАСОВ А.И., БАКЛАНОВ А.Е.

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им.Д.Серикбаева, Казахстан, г. Усть-Каменогорск.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТОЛИЧЕСКИХ МАССИВОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ВЫСОКОЙ СКОРОСТЬЮ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ОТ ТЕПЛОПУНКТОВ

Аннотация.

В статье предлагается использовать систолические массивы для хранения и обработки данных в современных тепловых сетях. Для реализации этого предложения был использован подход, аналогичный используемому в современных операционных системах, а именно организация работы с процессами и потоками.

Ключевые слова: систолический массив, теплопункт, тепловые сети, процессы, потоки, обработка данных.

Түйіндеме. Бұл жұмыста заманауи жылу желілерінің мәліметтерін сақтау мен өңдеу үшін систолалық ауқымды қолдану ұсынылған. Ұсынысты жүзеге асыру үшін заманауи операциялық жүйелердегіге ұқсас тәсілдеме қолданылды, яғни үдерістер мен ағындар жұмысын ұйымдастыру.

Кілт сөздер: систолалық массив, жылу пункті, жылу желілері, процестер, ағындар, мәліметтерді өңдеу.

Abstract. The article proposes to use systolic arrays for storing and processing data in modern heat networks. To implement this proposal, an approach similar to that used in modern operating systems was used, namely the organization of work with processes and threads.

Key words: systolic array, heat point, heating networks, processes, flows, data processing.

Введение

Уровень технологических возможностей микроэлектроники во многом определяет уровень развития вычислительной техники. Повышение плотности расположения элементов на кристалле, увеличение скорости их переключения приводят не

только к повышению быстродействия компьютеров и уменьшению их размеров, но и позволяют разрабатывать вычислительные системы с принципиально новыми архитектурными решениями. Достижения микроэлектроники дают возможность уже в настоящее время создавать достаточно сложные сверхминиатюрные вычислительные устройства, расположенные на одном кристалле. При массовом производстве такие устройства оказываются, к тому же, относительно дешевыми. Все эти обстоятельства не только открывают новые перспективы конструирования вычислительных систем, но и порождают многочисленные новые проблемы, в том числе математические.

Одной из самых трудных является проблема создания коммуникационных сетей, обеспечивающих быстрые необходимые связи между отдельными функциональными устройствами. Пока скорости срабатывания устройств были не очень большими, основными факторами, препятствующими созданию нужных коммуникационных сетей, являлись число линий связи и сложность коммутаторов. Однако с ростом скорости срабатывания устройств наряду с этими факторами стали иметь большое значение также и длины линий связи.

В определенном отношении самой простой и эффективной является коммуникационная сеть, в которой нет коммутаторов, все устройства соединены непосредственно друг с другом и длины всех линий связи, а потому и времена задержек при передаче по ним информации минимальные, в некотором смысле, нулевые. С конца семидесятых годов прошлого столетия стали появляться работы, активно призывающие строить специализированные вычислительные системы, получившие название систолические массивы. Эти системы устроены предельно просто и в то же время имеют предельно простую коммуникационную сеть. Поэтому они являются исключительно эффективными по быстродействию, но каждая из них ориентирована на решение весьма узкого класса задач. В нашем случае это передача данных с кластера теплопунктов.

Методика

Общий подход к конструированию математических моделей систолических массивов основан на следующей идее. [1, 2]. Пусть в нашем распоряжении имеется достаточно большое число функциональных устройств, которые являются простыми и срабатывают за одно и то же время. Математическое содержание и техническая конструкция сейчас не имеют особого значения. Важно, чтобы выходная и входная информация устройств соответствовали друг другу. Если по каким-либо причинам информация не подается на входы устройств, ничто не мешает считать, что она в этих случаях вырабатывается самими функциональными устройствами. Допустим, что конструктивно каждое функциональное устройство выполнено в виде некоторого плоского правильного четырех- или шестиугольника, входы и выходы которого выведены на границу многогранников. Будем называть эти функциональные устройства систолическими ячейками (процессорными элементами, элементарными процессорами, чипами и т. п.).

Теперь начнем складывать различные фигуры, присоединяя без наложения последовательно многоугольник за многоугольником и предполагая, что соседние многоугольники соприкасаются друг с другом. В местах соприкосновения соединим входы и выходы соседних функциональных устройств. В результате такого построения получится некоторая фигура, у которой останутся свободными какие-то входы и выходы. Мы получим модель специализированной вычислительной системы, если заставим всю совокупность собранных устройств работать в синхронном режиме с одинаковым временным тактом. Подавая на свободные входы в том же синхронном режиме входные данные, будем получать какие-то результаты, начиная с некоторого момента, на свободных выходах. Созданная подобным образом модельная вычислительная система называется систолической системой.

Будем считать, что при построении систолических систем используются только плоские многоугольники. Они имеют одинаковые конфигурации и размеры, пристыковываются друг к другу без зазоров и все вместе находятся в одной плоскости, образуя некоторый плоский массив. Подобные систолические системы и называются систолическими массивами.

Прежде чем обсуждать аспекты конструирования и функционирования систолических массивов, рассмотрим простой пример. Это один из первых систолических массивов, построенных с момента возникновения самой идеи создания систем такого типа. Предположим, что необходимо построить специализированную вычислительную систему, на которой достаточно быстро реализуется операция вычисления матрицы D = C + AB, где

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \\ a_{31} & a_{32} & \dots & \dots \\ 0 & a_{41} & \dots & \dots \\ & & \dots & \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & 0 \\ b_{21} & b_{22} & \dots & \dots \\ \dots & b_{32} & \dots & \dots \\ 0 & \dots & & \end{bmatrix},$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} & 0 \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & \dots & \dots \\ c_{31} & c_{32} & \dots & \dots & \\ c_{41} & \dots & \dots & & \end{bmatrix}$$

Здесь все матрицы – ленточные порядка n. Матрица A имеет одну диагональ выше и две диагонали ниже главной. Матрица B имеет одну диагональ ниже и две диагонали выше главной. Матрица C имеет по три диагонали выше и ниже главной.

Пусть в нашем распоряжении имеется достаточно большое число функциональных устройств, выполняющих скалярную операцию C + DE и осуществляющих одновременно передачу данных. Такие операции реализуются либо на четырех-, либо на шестиугольных систолических ячейках (рис.1).

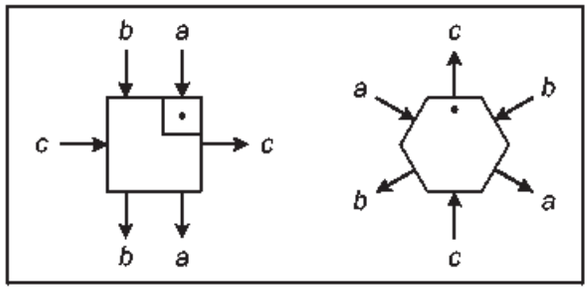


Рис. 1. Систолические ячейки с операцией C + DE

Здесь каждое функциональное устройство имеет три входа a, b, c и три выхода a, b, c. Входные (in) и выходные (out) данные в общем случае связаны соотношениями:

$$c_{out} = c_{in} + a_{in}b_{in},\ b_{out} = b_{in},\ a_{out} = a_{in}. \quad (1)$$

Если в момент выполнения операции какие-то данные не поступают, то они заменяются нулями. Точка указывает ориентацию систолической ячейки на плоскости.

На рисунке 2 представлен систолический массив, реализующий матричную операцию C + AB с указанием расположения и схемы подачи входных данных. При построении систолического массива использованы шестиугольные систолические ячейки. Вся плоскость покрыта регулярной косоугольной решеткой, образованной двумя семействами равноотстоящих параллельных прямых, пересекающихся под углами соответственно 60° и 120°. В узлах решетки размещены функциональные устройства и входные данные. Система работает по тактам. За каждый такт все данные перемещаются в соседние узлы по направлениям, указанным стрелками.

На показано состояние в некоторый момент времени (рис. 2). В следующий такт все данные переместятся на один узел и элементы a_{11}, b_{11}, c_{11} окажутся в одном функциональном устройстве, находящемся на пересечении штриховых линий. Следовательно, будет вычислено выражение $c_{11} + a_{11}b_{11}$. В этот же такт данные a_{12} и b_{21} приблизятся вплотную к функциональному устройству, находящемуся в вершине систолического массива. Далее, в последующем такте все данные снова переместятся на один узел в направлении стрелок и в верхнем функциональном устройстве окажутся элементы a_{12}, b_{21} и результат срабатывания функционального устройства, находящегося снизу, т. е. $c_{11} + a_{11}b_{11}$. Следовательно, будет вычислено выражение $c_{11}+a_{11}b_{11}+a_{12}b_{21}$. Это есть элемент d_{11} матрицы D.

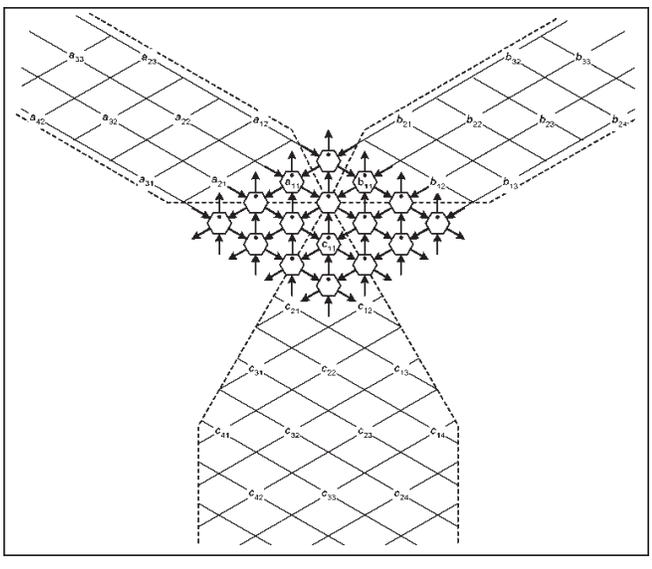


Рис. 2. Систолический массив для перемножения ленточных матриц

Продолжая потактовое рассмотрение процесса, можно убедиться, что на выходах функциональных устройств, соответствующих верхней границе систолического массива, периодически через три такта будут выдаваться элементы матрицы D. На каждом выходе будут появляться элементы одной и той же диагонали. Примерно через 3n тактов будет закончено вычисление всей матрицы D. Загруженность каждой систолической ячейки асимптотически равна 1/3.

Для разработки методологии построения систолических массивов исследуем сначала вид графов алгоритмов, реализуемых подобными вычислительными системами. Не будем принимать во внимание, что выходные данные функциональных устройств могут совпадать с какими-то входными данными, и что каждое устройство имеет более одного выхода, а не один, как чаще всего предполагалось до сих пор. На данном этапе важнее не то, какие операции выполняют функциональные устройства, а то, как они будут управляться и в каком временном режиме смогут работать. Разрабатывая методологию построения систолических массивов, необходимо учесть, во-первых, возможность локального управления работой системы и, во-вторых, возможность реализации всего спектра временных режимов, включая наискорейшие. Первую особенность мы сохраним безусловно и будем строить лишь такие систолические массивы, в которых систолические ячейки сами управляют своей работой и моментами срабатывания. Принимая во внимание вторую особенность, мы будем строить систолические массивы, реализующие алгоритм по возможности максимально быстро. Кроме этого, мы сохраним еще одну особенность, подмеченную в реально созданных систолических массивах. Именно, любая систолическая ячейка, начав работать в какой-то момент времени, продолжает срабатывать каждый такт или с постоянным периодом, пока не закончится весь процесс ее функционирования. Другими словами, в работе систолических ячеек не бывает как больших, так и неконтролируемых перерывов.

Очевидно, что плоскость можно покрыть без зазоров как четырех-, так и шестиугольниками одного размера. Если задан какой-то лежащий в плоскости систолический массив, то он вырезает из покрытия плоскости соответствующую ему односвязную фигуру. Выберем в плоскости массива два семейства параллельных равноотстоящих прямых линий таким образом, чтобы центр любой систолической ячейки находился в точке пересечения двух прямых. Эти семейства выбираются однозначно в случае четырехугольников и неоднозначно в случае шестиугольников. На основе выбранных семейств построим аффинную систему координат. Пусть она такова, что центры всех систолических ячеек описываются двумерными векторами с целочисленными координатами. Соседние ячейки всегда имеют равными одну из координат и различающуюся на 1 другую координату. Обозначим оси координат x, y. Теперь возьмем любую ось t, не лежащую в плоскости x, y, и установим на ней направление. При t=0, 1, 2, ... проведем плоскости, параллельные плоскости x, y. Предположим, что t = 0 соответствует плоскости систолического массива.

Будем считать t осью времени. Пусть систолический массив начинает работать при t=0 и продолжает функционировать с тактом, равным 1. Построим ориентированный граф. Вершинами являются точки трехмерного пространства, в которых координаты x, y соответствуют систолической ячейке, срабатывающей в момент t. Дуги символизируют передачу информации от ячейки, которая произвела ее в момент t, к ячейке, которая получит ее в момент t + 1. Очевидно, что

число различных дуг, рассматриваемых как векторы в трехмерном пространстве, не превосходит числа различных по направлению передач информации от одной систолической ячейки к другой соседней в самом систолическом массиве. При сделанных предположениях координаты векторов-дуг по осям x, y равны 0, 1 или –1, а по оси t координата всегда равна 1. Таким образом, если ячейки систолического массива работают в синхронном режиме, то систолический массив реализует алгоритм, граф которого изоморфен подграфу бесконечного регулярного графа.

Таким образом, систолические массивы как специализированные вычислительные системы могут реализовывать лишь вполне определенный класс алгоритмов, которые относятся к регулярным алгоритмам. Реально используемые нами алгоритмы являются регулярными изначально. Вспомогательные алгоритмы легко сводятся к регулярным.

Самой характерной чертой систолических массивов является отсутствие каких-либо дополнительных линий связи при соединении входов и выходов систолических ячеек. Соединение отдельных ячеек между собой лишь в местах соприкосновения приводит к тому, что в систолических массивах все связи имеют минимально возможные длины и, следовательно, оказываются минимальными временные затраты на передачу информации от одних функциональных устройств к другим. Подразумевая именно эту особенность, говорят, что в систолических массивах реализуется принцип близкодействия. Это, в свою очередь, приводит к тому, то в графах связей систолических массивов дуги никогда не пересекаются. Точнее, дуги могут иметь общими только концевые вершины. Такие графы называются плоскими.

Как видно из рисунка 1 и формулы (1), систолические ячейки могут выполнять функции переносчика информации. Это очень важная их черта. Она помогает в вычислительных системах организовывать транспортные связи. Если некоторое данное должно использоваться во многих устройствах, то необходимо применение специальных способов его рассылки. Один из способов реализует шинную связь. Рассылаемое данное поступает на шину и одновременно принимается несколькими устройствами. Для систолических массивов такой способ неприемлем. В подобных вычислительных системах транспортные связи оказываются более подходящими. В этом случае данное поступает в устройство, используется в нем как операнд и, не изменяясь, пересылается по транспортной магистрали в соседнее устройство, где используется, пересылается дальше и т. д.

При преобразовании графов алгоритмов многократная передача информации через систолические ячейки означает замену “длинных” дуг графа путем, составленным из “коротких” дуг. Данный путь не обязан быть прямолинейным. Обратим особое внимание на то, что такая замена может увеличить длину критического пути графа алгоритма и, следовательно, увеличить время наискорейшей реализации. Вводя транспортные связи, об этом следует помнить.

Теперь ключевыми моментами методологии создания систолических массивов становятся умение строить и исследовать графы алгоритмов. Для регулярных графов операция гомоморфной свертки может быть выполнена как операция однократного или даже многократного ортогонального проектирования. Выбор направления проектирования ограничен лишь требованием, чтобы последняя проекция представляла собой плоский граф. В целом при увеличении числа вершин, лежащих на прямых с выбранным направлением, повышается загруженность систолических ячеек. Если на каждой такой прямой все вершины связаны одним путем, то сохраняется весь спектр временных реализаций алгоритма. Во всех остальных случаях возможность наискорейших реализаций не гарантируется.

Рассмотрим механизм использования систолических массивов. Предположим, что граф алгоритма имеет вид, показанный на рисунке 3. Подобные графы свойственны используемым при вычислении расчётных параметров вычислительным методам линейной алгебры и математической физики. Этот граф регулярный. На горизонтальных или вертикальных прямых, а также на прямых, параллельных прямой, проходящей через вершины с кружками, либо нет ни одной вершины, либо все вершины связаны одним путем. Проектируя граф вдоль таких прямых на перпендикулярные им прямые линии, получаем различные схемы одномерных систолических массивов (рис.3). Все систолические массивы имеют возможность реализовать весь спектр временных режимов, в том числе, наискорейшие. Тем не менее, они имеют разное число устройств и, следовательно, разную их загруженность. Схемы передач информации также различные. В двух из них осуществляется односторонняя передача, в одной – двухсторонняя. Наиболее простой представляется схема систолического массива, расположенная на рисунке 3 справа. Однако учет дополнительных факторов, таких как подача к систолическим ячейкам входных данных алгоритма, может в некоторых случаях сделать более предпочтительными другие схемы.

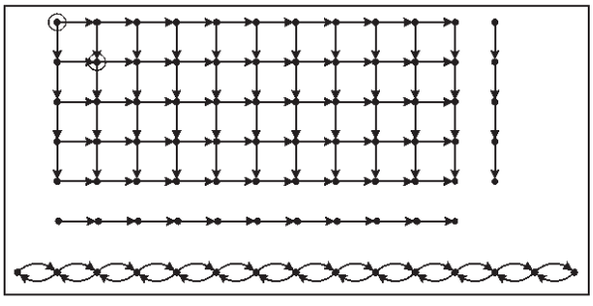


Рис. 3. Одномерные систолические массивы

В каждый такт работы систолического массива срабатывают какие-то его ячейки. Исходя из принципов построения подобных вычислительных систем, можно утверждать, что соответствующие этим ячейкам операции не могут быть связаны между собой информационно. Следовательно, процесс функционирования систолического массива в действительности реализует некоторую строгую параллельную форму графа алгоритма. Ярусы параллельной формы описываются работающими одновременно систолическими ячейками, номера ярусов – временами срабатывания ячеек.

Граф систолического массива мы получаем путем ортогонального проектирования графа алгоритма вдоль прямой линии. Обозначим ее направляющий вектор через p. Если граф алгоритма регулярный, то, существует вектор q, который образует острые углы

со всеми базовыми векторами. Поэтому на любой гиперплоскости с направляющим вектором q не могут находиться вершины, связанные дугами. Другими словами, совокупность гиперплоскостей, проходящих через вершины графа алгоритма и имеющих в качестве направляющего вектор q, разбивает все вершины на ярусы строгой параллельной формы. Если существует хотя бы одна дуга, параллельная вектору p, то векторы p и q не могут быть ортогональными.

Выберем подходящий вектор q и будем реализовывать на систолическом массиве соответствующую параллельную форму. Проведем через вершины графа алгоритма гиперплоскости с направляющим вектором q. Перенумеруем их подряд в направлении этого вектора. Пусть наименьший номер гиперплоскости, содержащий хотя бы одну вершину, равен 1. Эти и только эти вершины определяют систолические ячейки, которые будут срабатывать в 1-й такт. Гиперплоскость с номером 2 определяет те и только те ячейки систолического массива, которые будут срабатывать во 2-й такт, и т. д. Тем самым фиксируется программа работы каждой систолической ячейки. В процессе работы систолического массива в его плоскости в соответствии с номерами гиперплоскостей распространяется фронт вычислений, показывая, как систолические ячейки вступают в процесс функционирования и как они его заканчивают. Каждая систолическая ячейка будет срабатывать не обязательно каждый такт, но обязательно периодически. Период для всех ячеек один и тот же. Он на 1 больше числа гиперплоскостей, помещающихся между соседними точками на прямой с направляющим вектором p.

Построим модель систолического массива для необходимой нам при расчёте коэффициентов задачи вычисления матрицы *A + BC,* где *A, B, C* – заданные матрицы порядка *n.* Если элементы матрицы *A + BC* находятся по обычным формулам, то для *n* = 3 граф алгоритма будет таким, как показано более жирными стрелками (рис. 4). Легко проверить, что один и тот же элемент матрицы *B*или *C* требуется для выполнения операций, соответствующих вершинам, лежащим на прямой, параллельной оси *j* или *i*. Элементы матрицы *A* требуются для выполнения лишь операций, соответствующих начальным вершинам путей графа алгоритма. На рисунке 4 линиями без стрелок обозначены будущие транспортные связи. Направление передачи информации определяется выбором порядка выполнения операций.

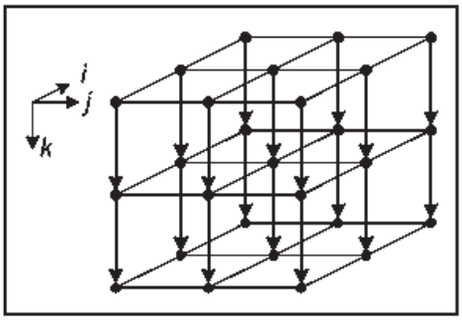


Рис. 4. Граф алгоритма и транспортные связи

Если спроектировать граф алгоритма на плоскость, перпендикулярную оси *к,* то проекция будет состоять только из изолированных вершин. В этом случае реализовать алгоритм за минимально возможное время можно лишь при рассылке начальных данных *B, C* с помощью шинных связей, параллельных осям *j*, *i*. Если для реализации операции *A + BC* мы хотим построить систолический массив, то должны фигуру на рисунке 4 превратить в регулярный граф или, другими словами, установить направления передач информации. Пусть эти направления совпадают с направлениями осей *i, j.* Тем самым фигура на рисунке 4 становится регулярным координатным графом. Заметим, что при этом длина критического пути графа сразу увеличивается в три раза.

Спроектируем полученный граф на плоскости, перпендикулярные оси *i*, вектору с координатами (1, 1, 1) и оси *j*. Соответствующие схемы систолических массивов представлены на рисунке 5. Сразу видны различия множеств систолических ячеек и конфигураций связи. Кроме этого, нетрудно заметить общность схем на рисунках 5(б) и 4. Будем считать, что реализуется параллельная форма, определяемая гиперплоскостями с направляющим вектором q = (1, 1, 1). В систолических массивах на рисунке 5(а) и 5(в) любая систолическая ячейка, начиная с некоторого момента, срабатывает каждый такт, на рисунке 5(б) – один раз в три такта. Штриховыми линиями отмечено распространение фронта вычислений. На рисунке 5(а) и 5(в) фронт распространяется по диагонали квадрата от угла, ближайшего к началу координат, к наиболее удаленному углу, на рисунке 5(б) от центра к границе.

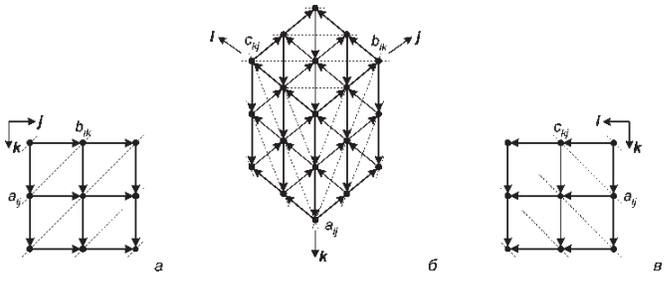


Рис. 5. Систолические массивы для операции A + BC

Разные проекции приводят не только к различиям в числе вершин и конфигураций связей, но и к различиям в организации процессов. Так, в проекции на рисунке 5(б) имеется достаточное число связей для выполнения операций без использования какой-либо памяти. В проекциях на рисунке 5(а) и 5(в) связей меньше. Поэтому здесь каждая систолическая ячейка должна иметь по одной ячейке памяти для хранения соответственно элементов c_{kj} , b_{ik} матриц C, B. Это приводит, в свою очередь, к различиям в процессах загрузки и разгрузки систолических массивов.

Заметим, что ни один из систолических массивов не позволяет реализовать операцию A + BC за минимально возможное для нее время. Данный факт является ограничением за использование транспортных связей и он не противоречит предположениию, что любое функциональное устройство, осуществляющее все необходимые операции после слияния вершин, может работать в тех же условиях передачи информации, что и в граф-машине. Но введение транспортных связей как раз и нарушает данные условия, что диктуется, в конечном счете, потребностью организации множественных рассылок.

Схема систолического массива и порядок подачи данных и выдачи результатов для *n* = 4 приведены на рисунке 6. Общее время решения системы порядка *n* приблизительно равно *5n.* Каждая ячейка срабатывает

один раз в три такта. При этом средняя загруженность ячеек систолического массива будет около 0,1.

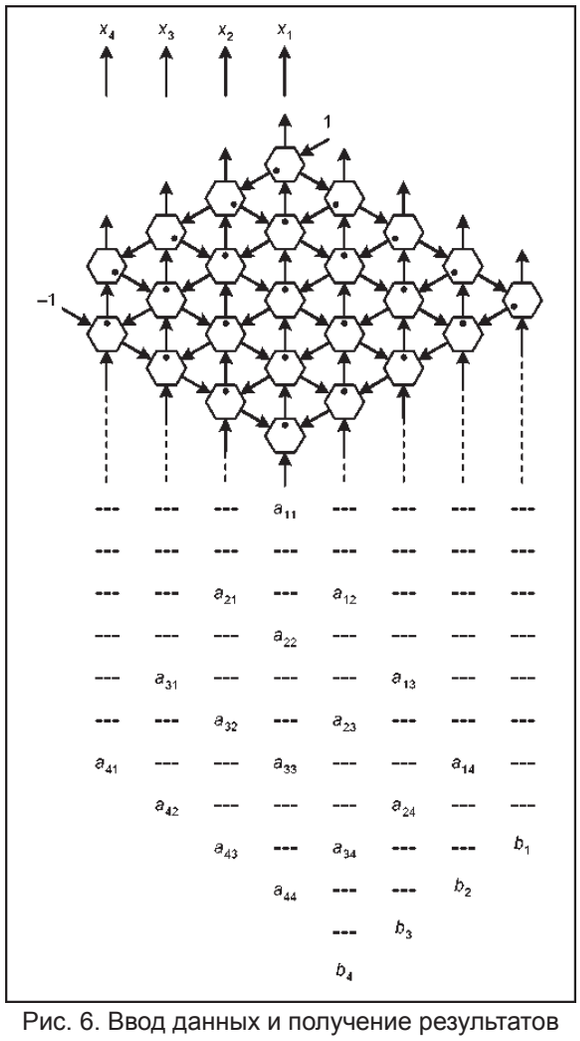


Рис. 6. Ввод данных и получение результатов

Рассмотрим теперь ортогональную проекцию координатного графа алгоритма для $n = 4$ по направлению (0, 0, 1). Она представлена на рисунке 7. В новых координатах $\xi=j$, $\eta = k$ребро 1 и грань 2 перешли в линию (1, 1) – (n, n), грани 3, 5 и внутренность пирамиды перешли на всю область, за исключением этой линии. Каждая ячейка систолического массива теперь будет срабатывать каждый такт после начала функционирования.

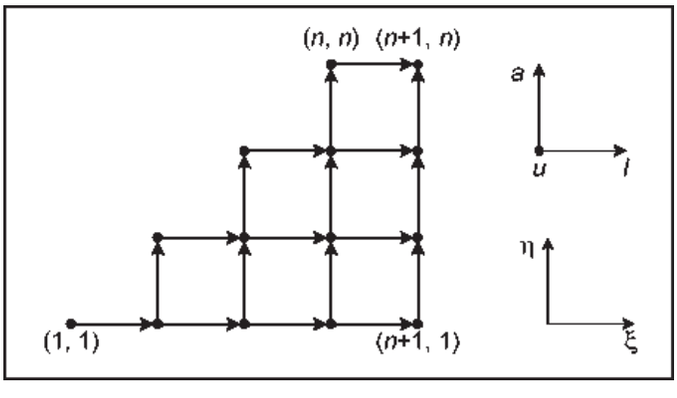


Рис. 7. Ортогональная проекция систолического массива

Схема систолического массива, порядок подачи данных и выдачи результатов приведены на рисунке 8. Результаты вычислений будут выдаваться из ячейки (n+1,n)в последовательные такты, начиная с (3n + 2)-го. Все ячейки массива меняют выполняемые ими функции во время счета, хотя в целом они делают примерно то же, что и в случае первой проекции. Загруженность ячеек систолического массива приблизительно равна 0,25.

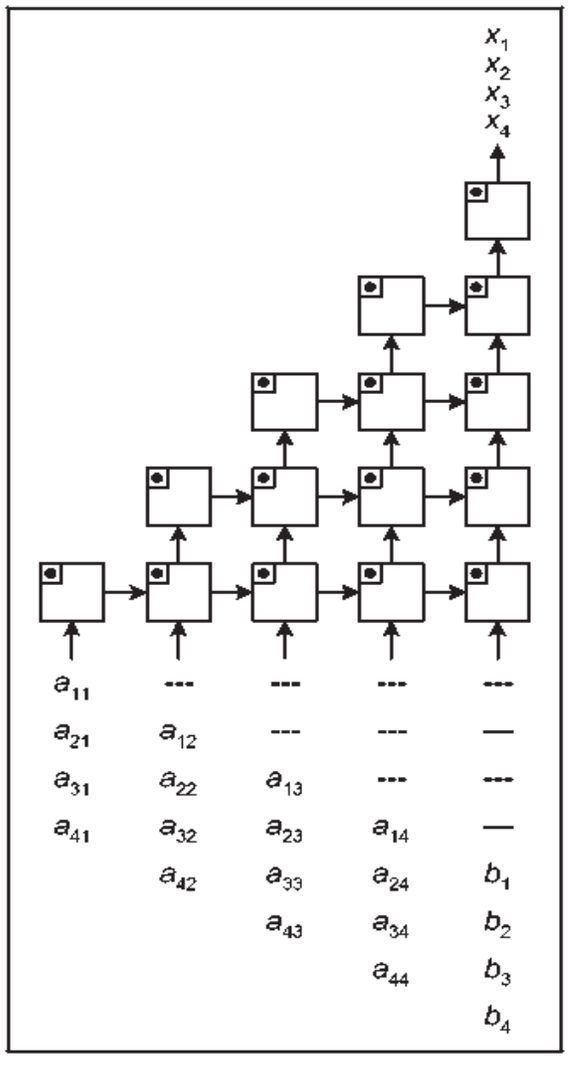


Рис. 8. Перемещение информации

Эти примеры показывают, что на одиночной задаче загруженность систолических массивов может оказаться не очень высокой. Особенно заметно она уменьшается из-за достаточно длинных этапов загрузки и разгрузки массивов.

На загруженность влияет также выбор прямой, вдоль которой осуществляется проектирование графа алгоритма. Чем больше длина пути, связывающего соседние сливаемые вершины, тем реже срабатывает соответствующая систолическая ячейка и, следовательно, тем ниже ее загруженность.

Для использования систолических массивов нами была разработана технология, позволяющая осуществлять контроль и управление данными,

поступающими от большого количества источников. Данная технология основана на параллельно-конвейерной обработки данных, которая реализована в виде стандартных функций в современных языках программирования и позволяют распараллеливать работу как с данными хранящимися внутри компьютера, так и обрабатывать данные множества компьютеров, объединенных в единую сеть. Однако в реальных условиях мы имеем ситуацию, когда сервер данных достаточно удалён от периферийного оборудования и компьютеров пользователя. Это приводит к тому, что с увеличением объёма поступающих данных время обработки увеличивается, тем самым может быть отложена обработка оперативной информации, имеющую важную составляющую, влияющую на безопасность или режимы работы периферийных устройств.

Для повышения эффективности работы с большим потоком данных и организации приоритетов работы с данными предлагается перенести технологию работы центрального процессора с потоками на работу вычислительной машины с данными, поступающими из сети.

Удачным в персональном компьютере является организация работы центрального процессора с потоками. Данную организацию выгодно перенести с работой с реальными данными.

Для понимания механизма взаимодействия процессора с потоками необходимо дать некоторые определения и информацию, связанную с потоками и процессами [3, 4].

Потоком в Windows называется объект ядра, которому операционная система выделяет процессорное время для выполнения приложения. Каждому потоку принадлежат следующие ресурсы:

код исполняемой функции;

набор регистров процессора;

стек для работы приложения;

стек для работы операционной системы;

маркер доступа, который содержит информацию для системы безопасности.

Все эти ресурсы образуют контекст потока в Windows. Кроме дескриптора каждый поток в Windows также имеет свой идентификатор, который уникален для потоков, выполняющихся в системе. Идентификаторы потоков используются служебными программами, которые позволяют пользователям системы отслеживать работу потоков.

В операционных системах Windows различаются потоки двух типов:

системные потоки;

пользовательские потоки.

Системные потоки выполняют различные сервисы операционной системы и запускаются ядром операционной системы.

Пользовательские потоки служат для решения задач пользователя и запускаются приложением.

В нашем случае для возможности переноса будут рассматриваться пользовательские потоки.

«Одновременное» (или «конвейерно-параллельное») выполнение потоков подразумевает, что в том случае, если имеется всего один процессор с одним ядром, в один момент времени может выполняться только один поток. Однако операционная система может быстро переключать процессор с выполнения одного потока на другой и вследствие высокой частоты процессоров (обычно операционная система выделяет на обработку потока 0,6 нс) у пользователя возникает иллюзия одновременной работы нескольких программ. Такая ситуация называется псевдопараллельное или «конвейерно-параллельное» выполнение потоков.

Наглядно, можно показать конвейерно-параллельное выполнение потоков на рисунке 9 [5].

Важным при работе процессора с потоками (процессами) является и возможность определения приоритетов потокам обрабатываемым процессором. Чем выше приоритет, тем больше времени выделяется на обработку данного

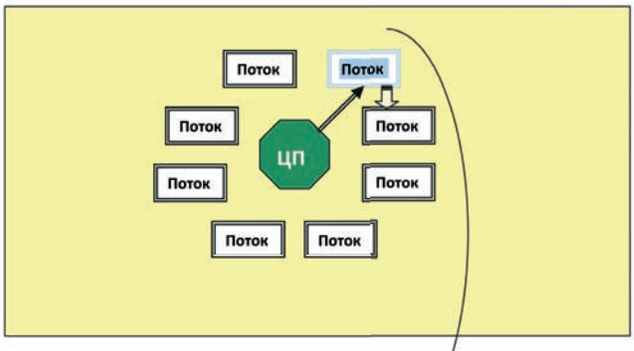


Рисунок 9 – Выделение операционной системой потокам кванты времени

Рассмотрим возможность применения данной технологии для обработки данных теплопункта.

Основными задачами тепловых пунктов являются [6]:

- преобразование вида теплоносителя;
- контроль и регулирование параметров теплоносителя;
- распределение теплоносителя по системам теплопотребления;
- отключение систем теплопотребления;
- защита систем теплопотребления от аварийного повышения параметров теплоносителя;
- учет расходов теплоносителя и тепла.

Очевидно, что при выполнении данных задач необходимо учитывать приоритет задачи и работать не с одним теплопунктом а с тем количеством теплопунктов, которые обслуживаются центральным теплопунктом.

Это просто сделать используемые стандартные функции с центральным процессором по работе с процессами:

```
BOOL CreateProcess(
  LPCTSTR lpApplicationName ,          //имя исполняемого модуля
  LPTSTR lpCommandLine,                // командная строка
  LPSECURITY_ATTRIBUTES lpProcessAttributes , // SD (дескриптор
безопасности)
  LPSECURITY_ATTRIBUTES lpThreadAttributes,  // SD
  BOOL bInheritHandles,                // дескриптор параметра наследования
  DWORD dwCreationFlags,               // флажки создания
  LPVOID lpEnvironment,                // новый блок конфигурации
  LPCTSTR lpCurrentDirectory,          // имя текущего каталога
  LPSTARTUPINFO lpStartupInfo,         // информация предустановки
  LPPROCESS_INFORMATION lpProcessInformation  // информация о
процессе);
```

В нашем случае исполняемый модуль LPCTSTR lpApplicationName выполняет обслуживание теплопункта, т.е. можно запустить необходимое количество процессов, которые будут контролировать работу всех теплопунктов входящих в обслуживание центрального теплопункта. Очень важно, что можно

обеспечить безопасность работы теплопункта поставив нужный дескриптор безопасности как в процессе для соответствующего теплопункта, так и в потоке, отвечающему за определённую задачу.

Рассмотрим более детально работу предлагаемой методики обработки данных поступающих с теплопунктов. Схема работы такой системы показана на рисунке 10.

Рисунок 10 – Схема обслуживания персональным компьютером процессов

Суть состоит в том, что для обслуживания каждого теплопункта создаётся процесс, который состоит из 6 потоков. Каждый поток соответствует задаче, выполняемой в теплопункте. Так потоку №1 соответствует преобразование вида теплоносителя, потоку №2 соответствует контроль и регулирование параметров теплоносителя, потоку №3 - распределение теплоносителя по системам теплопотребления, потоку №4 - отключение систем теплопотребления, потоку №5 - защита систем теплопотребления от аварийного повышения параметров теплоносителя, потоку №6 - учет расходов теплоносителя и тепла.

Для понимания работы персонального компьютера с теплопунктами необходимо рассмотрим функцию создания потока в операционной системе Windows.

Для понимания работы персонального компьютера с теплопунктами необходимо рассмотрим функцию создания потока в операционной системе Windows.

При запуске нового процесса с помощью функции CreateProcess идентификатор потока хранится в члене dwThreadId структуры PROCESS_INFORMATION, которая заполняется после возврата вызова функции. Ссылка потока находится в члене hThread этой же структуры.

Поток создается в результате вызова функции CreateThread:

```
CreateThread(
    NULL,        // default security attributes
    0,           // use default stack size
    ThreadFunc,  // thread function
    &dwThrdParam,  // argument to thread function
    0,           // use default creation flags
    &dwThreadId);  // returns the thread identifier
```

Заключение.

В предлагаемой технологии использования процессов и потоков для обработки данных теплопунктов параметр ThreadFunc отражает определённую выполняемую теплопунктом задачу.

Необходимо отметить о возможности введения приоритетов при обработке данных поступающих с теплопунктов. Это относится к созданию приоритета для определённого теплопункта, так и приоритета задачи при обработке данных поступающих с теплопункта. Это можно сделать по аналогии организации приоритетов при работе с поцессами и потоками. Так класс приоритета процесса изменяем вызовом функции SetPriorityClass:

BOOL SetPriorityClass(HANDLE hProcess, DWORD fdwPriority);

Эта функция меняет класс приоритета процесса, определяемого описателем hProcess, в соответствии со значением параметра fdwPriority. Последний должен содержать одно из значений, в соответствии с приоритетом. Поскольку SetPriorityClass принимает описатель процесса, можно изменить приоритет любого процесса, выполняемого в системе, — если его описатель известен и есть соответствующие права доступа.

Для изменения приоритета первичного потока используем функцию:

BOOL SetThreadPriority(HANDLE hThread, int nPriority);

Разумеется, параметр hThread указывает на поток, чей приоритет изменяется

Предложенная методика позволит обеспечить высокое быстродействие обработки данных теплопунктов, а также увеличить надёжность и безопасность за счёт введения приоритета выполнения потока.

Список литературы

1. Kung H.T. Why systolic architecture? // Computer. 1982. - 15. №1. - pp. 37 - 46.
2. Молдован Д.И. О разработке алгоритмов для систолических матриц СБИС. ТИИЭР, 1983. – т. 71, № I. – С. 140 - 149.
3. Побегайло А.П. Системное программирование в Windows. – СПб-Петербург. 2006. – 1056 с.
4. Тапенамбум Э. Современные операционные системы. 2-е изд. – СПб.: Питер. 2007. – 1038 с.
5. Rybakova D., Sygynganova I., Kumargazhanova S., Baklanov A., Shvets O. Application of a CPU Streaming Technology to Work of the Computer with Data Coming from the Network on the Example of a Heating Station //18th International conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices (EDM), Erlagol, Russia, 2017. – pp. 128-130.
6. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – К.: II ДП «Такісправи», 2007. – 252 с.

Б.А.АСМАТУЛАЕВ, Н.Т.СУРАШОВ, Д.ТОЛЫМБЕК

РЕКОНСТРУКЦИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ МЕТОДОМ «ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА»

Резюме: Предложена математическая оптимизация технологических режимов реконструкции асфальтобетонных покрытий с использованием высокопроизводительных Ресайклеров RW – 2500, названного методом «холодного ресайклинга с добавкой самоцементирующих техногенных промышленных отходов». Создание монолитного «отражающего экрана» из старого асфальтового лома позволяет повысить категории дороги без полного вскрытия дорожной одежды.

Ключевые слова: асфальтобетонное покрытие; отход шлака; асфальтовый лом; дорожная одежда.

Аңдатпа. Жолдарды асфальтобетон қаптамасымен реконструкциялауда жоғары өнімді Ресайклер RW-2500 технологиялық режимді математикалық оңтайландыру қарастырылды. Қарастырылған әдістемеде «суық ресайклингі»- өзі цементтелуші әдістемеге техногендік өндіріс қалдықтарын қосу арқылы іске асырады.

Түйін сөздер: асфальтбетон қаптамасы; қож қалдықтары; асфальт сынығы; жол қатпарлары.

Abstract. The mathematical optimization of technological modes of asphalt concrete pavement reconstruction using high recycler RW - 2500, called the method of “cold recycling with the addition samotsementiruyuschih technological industrial waste.” Create a monolithic “reflecting screen” of the old asphalt scrap increases the category of the road without fully opening the pavement.

Key words: asphalt concrete pavement; waste slag; asphalt scrap; pavement

Основным недостатком традиционных методов реконструкции и ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог и городских улиц является то, что восстановление транспортно-эксплуатационных показателей покрытий обеспечивается за счет укладки новых слоев асфальтобетонных материалов. Таким образом, превращая существующие конструктивные слои дорожной одежды в «балласт», в котором бездействуют огромные запасы строительных материалов, обладающих всем комплексом свойств, присущим новым материалам.

В этой связи особо важным следует считать направление исследований по разработке способов и технологий, обеспечивающих повторное использование материалов асфальтобетонных покрытий, как наиболее ценного и дорогостоящего материала.

Поэтому вызывается необходимость разработки научно обоснованных инновационных технологий с использованием высокопроизводительной техники и применением вторичных ресурсов, что позволит значительно повысить эффективность дорожного строительства.

Проблемам разработки и повторного использования асфальтобетонов при строительстве и реконструкции автомобильных дорог посвящены работы В.Ф. Бабкова, Г.К.Сюньи, Л.Б.Гезенцвея, Н.В.Горелышева, Г.С. Бахрах, Л.В. Билай, А.М.Алиева, В.В.Силкина, Б.А.Асматулаева, Р.А.Кабашева, С.Л.Ларичева и др. ученых [1].

Для холодного фрезерования асфальтобетонных покрытий предлагается большое количество фрез, отличающихся по ширине фрезерного барабана, мощности двигателя, глубине фрезерования и другим параметрам. В Казахстане используются самоходные Ресайклеры RW - 2000 и 2500 фирмы «Wirtgen» (производство Германии), с шириной обрабатываемой полосы 2,0 - 2,5 м, которые получили широкое распространение при строительстве автомобильных дорог.

При холодном фрезеровании асфальтобетонных покрытий Ресайклерами гранулометрический состав полученного материала колеблется в широких пределах и зависит: от конструкции фрезерного органа, скорости вращения фрезерного барабана, рабочей скорости машины, глубины фрезерования, типа асфальтобетона (прочности) и других параметров. В то же время гранулометрия ресайклированного материала во многом опре-

Таблица 1. Факторы и их уровни в условном и натуральном масштабах

Наименование факторов	Усл. обозн. факт.	Индекс фактора	Ед. изм.	Сред. уров.	Шаг варьиров.	Значения уровней факторов и соответствующие условные единицы				
						-2	-1	0	+1	+2
Глубина фрезерования	H	X_1	См	20	5	10	15	20	25	30
Рабочая скорость движения фрезы	$V_{ср}$	X_2	М/мин	5,09	0,71	3,67	4,28	5,09	5,8	6,51
Прочность асфальтобетона покрытия	$R_{раст}$	X_3	Кгс/см^2	5	5	5	10	15	20	25
Скорость вращения фрезерного барабана	$V_б$	X_4	Об/мин	13	5	3	8	13	18	23

деляет и влияет на такие свойства как: удобоукладываемость, уплотняемость, на расход вяжущего для получения материала с требуемыми физико-механическими показателями [1]. Поэтому гранулометрия материала принята за основной критерий для оценки технических и технологических режимов работы Ресайклера . RW – 2500 при реконструкции асфальтобетонного покрытия на автомобильной дороге «Астана – Щучинск».

Для оптимизации технологических и технических параметров фрезерования асфальтобетонных покрытий высокопроизводительными фрезами с целью получения наиболее однородных ресайклированных материалов, в исследованиях использован метод математического планирования экспериментов [2], как наиболее эффективный метод для решения рецептурно-технологических задач.

Влияние технических и технологических параметров, в частности

n-факторов на гранулометрию ресайклированного материала может быть описана полиномом второго порядка:

$$\bar{y} = \hat{A}_0 \tilde{O}_0 + \sum_{i\rangle 1}^{n} BiXi + \sum_{i\langle j}^{n} BijXiXj + \sum_{i=1}^{n} \hat{A}iXi^2, \quad (1)$$

Принятый рототабельный план второго порядка состоит из полного факторного эксперимента 2^4, восьми звездных точек (α = 2) и семи центральных. Факторы и их уровни в условном и натуральном масштабах сведены в таблице 1, а матрица планирования и расчетов в таблице 2.

После определения коэффициентов уравнения регрессии полинома второго порядка математическая модель модуля крупности гранулометрии ресайклирован-

Таблица 2. Матрица планирования, результаты расчетов по модели

№ опыта	Факторы в условных единицах				Факторы в натуральных единицах				Модуль крупнос
	X1	X2	X3	X4	H, см	Vф-м/мин	Rp кг/см2	Vб об/мин	Мкр расч
1	+1	+1	+1	+1	25	5,80	20	18	3,09
2	-1	+1	+1	+1	15	5,80	20	18	1,95
3	+1	-1	+1	+1	25	4,28	20	18	3,05
4	-1	-1	+1	+1	15	4,28	20	18	2,08
5	+1	+1	-1	+1	25	5,80	10	18	3,09
6	-1	+1	-1	+1	15	5,80	10	18	1,92
7	+1	-1	-1	+1	25	4,28	10	18	3,04
8	-1	-1	-1	+1	15	4,28	10	18	2,05
9	+1	+1	+1	-1	25	5,80	20	8	3,15
10	-1	+1	+1	-1	15	5,80	20	8	2,09
11	+1	-1	+1	-1	25	4,28	20	8	3,14
12	-1	-1	+1	-1	15	4,28	20	8	2,16
13	+1	+1	-1	-1	25	5,80	10	8	3,15
14	-1	+1	-1	-1	15	5,80	10	8	2,03
15	+1	-1	-1	-1	25	4,28	10	8	3,16
16	-1	-1	-1	-1	15	4,28	10	8	1,97
17	+2	0	0	0	30	5,09	15	13	3,42
18	-2	0	0	0	10	5,09	15	13	1,68
19	0	+2	0	0	20	6,51	15	13	2,49
20	0	-2	0	0	20	3,67	15	13	2,85
21	0	0	+2	0	20	5,09	25	13	2,66
22	0	0	-2	0	20	5,09	5	13	2,66
23	0	0	0	+2	20	5,09	15	23	2,82
24	0	0	0	-2	20	5,09	15	3	2,85
25	0	0	0	0	20	5,09	15	13	3,00
26	0	0	0	0	20	5,09	15	13	3,00
27	0	0	0	0	20	5,09	15	13	3,00
28	0	0	0	0	20	5,09	15	13	3,00
29	0	0	0	0	20	5,09	15	13	3,00
30	0	0	0	0	20	5,09	15	13	3,00
31	0	0	0	0	20	5,09	15	13	3,00

В

ного материала в зависимости от четырех технологических и технических параметров принимает вид:

$$M_{кр} -731,1 + 33,88H –0,58H^2 +197,67V_{ср} – 19,6V^2_{ср} +8,04R_р – 0,26HR^2_р –3, V_б –0,16V^2_б \quad (2)$$

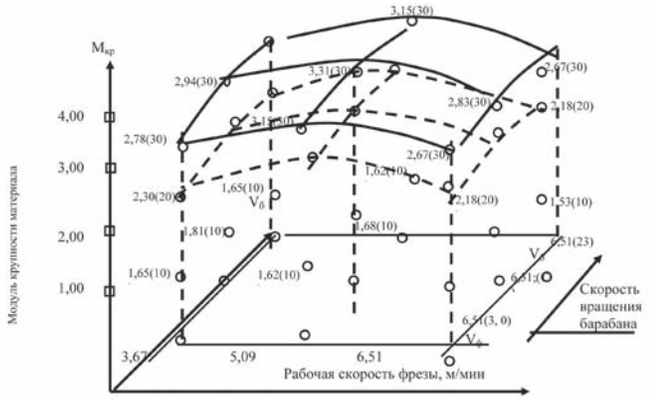
С учетом вышеизложенного следует, что прочность асфальтобетона (от 0,5 до 2,5 МПа) практически не оказывает существенного влияния. По уравнению (2) были определены модули крупности ресайклированного материала (рис.1).

Из сопоставления результатов в соответствии с рис. 1 и таблицей 2 следует, что оптимальными технологическими параметрами при фрезеровании асфальтобетонных покрытий являются следующие:

1. Рабочая скорость подачи фрезы - 4÷5,5 м/мин;
2. Скорость вращения фрезерного барабана 10÷15 об/мин;
3. При оптимальной глубине фрезерования в пределах 25-30 см достигается наибольшая однородность ресайклированного материала.

Для определения средней рабочей скорости фрезы разработан график в соответствии с рис. 2, так как стремление к увеличению скорости не должно отражаться на качестве асфальтового гранулята.

Выбрав скорость подачи фрезы и проведя вертикальные линии до пересечения с кривыми для определенных фракций каменного материала (например, для фракции 25-30 мм) на оси абсцисс получим предел регулируемой скорости (в данном примере предел скорости вращения фрезерного барабана составляет13-18 об/мин). результаты испытаний различных составов органоминеральных материалов приведены в таблицах 3-5.



Цифры на верхних плоскостях – модуль крупности материала, в скобках – глубина фрезерования. Цифры на нижней горизонтальной плоскости – рабочая скорость фрезы в м/мин, в скобках – скорость вращения барабана, об/мин.

Рис. 1. Зависимость модуля крупности ресайклированного материала от технологических (скорости вращения фрезерного барабана и рабочей скорости фрезы) и технических (глубины фрезерования–Н) параметров фрезерования асфальтобетонных покрытий.

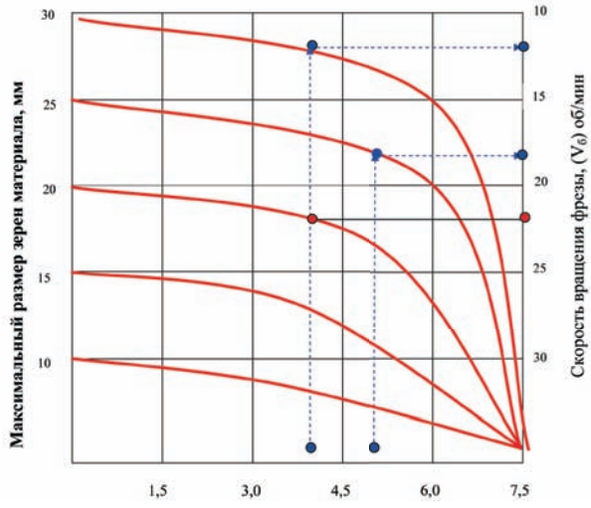
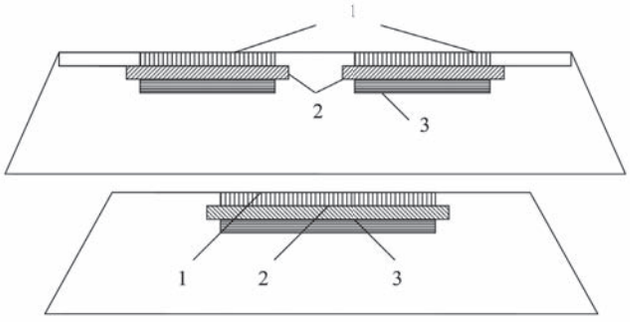


Рис. 2. График для предварительного выбора скорости подачи фрезы и скорости вращения фрезерного барабана в зависимости от максимального размера минерального материала в асфальтобетоне.

На основе выполненных исследований предложены следующие рекомендации по технологии реконструкции асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог I-III технических категорий [3].

При реконструкции автомобильных дорог I-II1 технических категорий, на примере Алматы-Бишкек и Астана-Боровое асфальтобетонное покрытие, толщиной 18-20 см предлагается ресайклировать на толщину 20 см. для его повторного использования в монолитном «отражающем экране». Ниже изображена схема расположения слоев дорожной одежды (рисунок 3). Ширина монолитного слоя устраивается шире нового покрытия за счет дополнительного введения шлаковых материалов и малых доз цемента.



1- новое асфальтобетонное покрытие
2- монолитный «отражающий экран» из асфальтового гранулята
3- основание существующей дорожной одежды

Рис. 3. Реконструкция асфальтобетонного покрытия на автодорогах I и III технических категорий без полного вскрытия ДК

Для устройства монолитных слоев выполнены экспериментальные исследования с отработкой производственных составов дорожных смесей при строитель-

стве участков автомобильной дороги Астана-Боровое. Результаты опытно-экспериментальных исследований приведены в соответствии с рис. 4 и 5.

Для расчета вертикальных и отраженных напряжений в слое, использованы формулы, предложенные профессором Смирновым А. В. [3].

$$\sigma_{пр.j} = \frac{2\,g(t)\cdot e^{-h/2B}}{\left(1+\sqrt{\frac{E_{jt}\cdot\rho_{j+1}}{E_{j+1}\cdot\rho_j}}\right)};\quad \sigma_{отр.j} = \frac{g(t)\cdot e^{-h/2B}\cdot\left(1-\sqrt{\frac{E_j\cdot\rho_{+1}}{E_{j+1}\cdot\rho_j}}\right)}{1+\sqrt{\frac{E_j\cdot\rho j_{+1}}{E_{j+1}\cdot\rho_j}}}$$

где: j – число слоев;

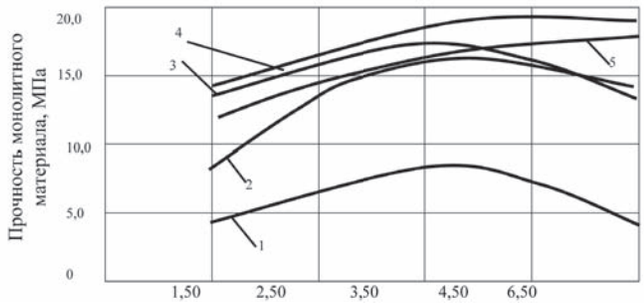
h_j – толщина слоя;

E_j – модуль упругости;

ρ_j -плотность;

B – длина контакта колеса с покрытием;

g (t) – контактное давление от колес транспортных средств



Модуль крупности асфальтового гранулята, Мкр

1,2,3,4. и 5 соответственно количество шлакового вяжущего 8,12,15,20,25 % от массы смеси

Рис. 4. Зависимость прочности монолитного органоминерального основания от модуля крупности асфальтового гранулята.

Контактное давление на плоской поверхности в течение времени $0<t<T_0$ с точностью до 5% апроксимируется полиномом вида:

$$g(t) = q_0\,(0{,}649 \cdot t \cdot V - 0{,}169 \cdot t^2 \cdot V^2 + 0.022\ t^3\ V^3 - 0{,}0155 \cdot 10^{-1} \cdot t^4 \cdot V^4 + 0{,}055 \cdot 10^{-3} \cdot t^5 \cdot V^5 - 0.077 \cdot 10^{-6}\ t^6\ V^6)$$

где: q_0 – давление в шинах колеса;

$T_0 = \frac{B}{V}$ - время действия контактных давлений;

B – длина контакта колеса с поверхностью;

V – скорость горизонтального движения колесной нагрузки.

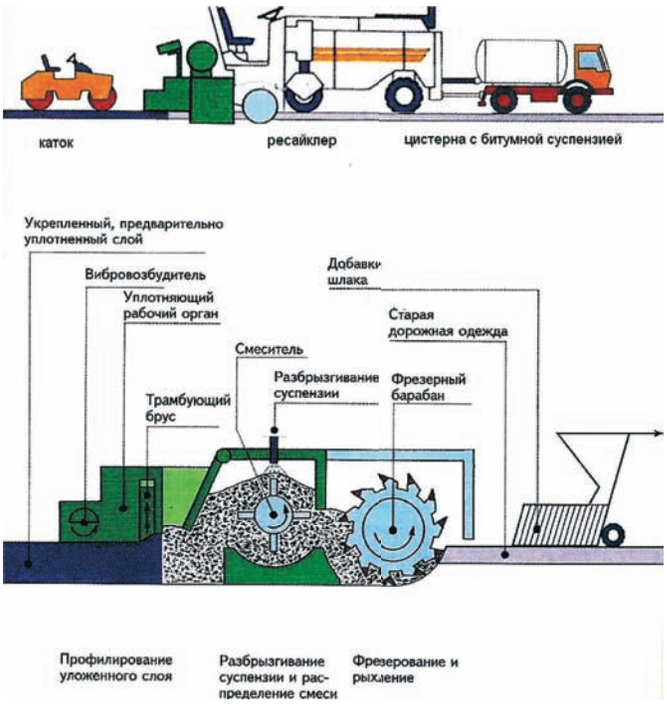


Рис. 5. Технологические операции при холодном ресайклировании асфальтобетонных покрытий с добавлением шлака.

Таблица 3. Составы органоминеральных смесей для монолитных дорожных оснований.

№ состава смеси	Используемые материалы в составе смеси, %						
	Асфальтовый гранулят	Щебень из доменного шлака фр.5-20	Щебень из доменного шлака фр. 20-40	Гранулированный шлак фр. 0-10	Битум	Вода	Цемент М- 400
1	40,0	10,0	30,0	20,0	2,0	3,0	2,0
2	40,0	10,0	30,0	20,0	0	3,0	2,0
3	30,0	20,0	30,0	20,0	2,0	3,0	2,0
4	50,0	10,0	25,0	15,0	2,0	3,0	2,0
5	50,0	10,0	25,0	15,0	0	2,0	2,0
6	60,0	10,0	20,0	10,0	2,0	3,0	2,0
7	70,0	10,0	15,0	5,0	2,0	3,0	2,0
8	70,0	10,0	15,0	5,0	0	3,0	2,0

Таблица 4. Результаты испытаний образцов из органоминерального материала экспресс методом

№ состава смеси	Плотность, г/см³	Прочность на сжатие образцов, $R_{сж}$, МПа, испытанных при температурах		
		0°С	20°С	**50°С**
1	2,22	3,56	2,15	0,78
2	2,27	3,52	3,25	1,47
3	2,31	3,48	2,27	0,79
4	2,25	3,62	2,27	0,82
5	2,24	3,51	3,35	1,51
6	2,20	3,62	3,20	1,44
7	2,21	3,68	2,18	0,72
8	2,31	3,58	3,39	1,41

Результаты, приведенные в таблице 4, свидетельствуют, что прочность при пропаривании обеспечивается только за счет гидратации цемента, из-за медленного твердения гранулированного шлака, шлак в процессе набора прочности не участвует. Как видно из результатов испытания кернов (табл.5), в условиях эксплуатации дороги, шлаки в связи их использования без предварительного помола, вступают в гидратацию и участвуют в процессах структурообразования бетона, только за пределами 28 суток. Через 2 года прочность увеличивается в 2 раза, а через 3 года более чем в 3 раза. Набор прочности, очевидно, будет продолжаться в течение многих лет, пока все крупные частицы шлака не гидратируются.

Таблица 5. Прочность образцов-кернов а/д «Астана – Боровое».

Возраст образца	Прочность на сжатие Rж, МПа, испытанных при t^0C			
	20°C	**50°C**	**0°C**	**-10°C**
28 суток	3,5-4,81	2,1-2,29	5,4-7,4	6,2-7,9
2 года	7,8-9,44	2,6-3,32	10,9-12,5	16,7-18,6
3 года	11,3-13,15	3,2-4,22	11,9-13,8	19.5-22,5

Заключение

Решена научно-техническая задача, имеющая важное народно-хозяйственное значение для дорожной отрасли Казахстана, заключающаяся в разработке ресурсосберегающей технологии реконструкции асфальтобетонных покрытий с применением высокопроизводительной техники, с повторным использованием асфальтового лома и техногенных отходов промышленности для восстановления дорожных конструкций автомобильных дорог без полного их вскрытия.

Теоретически и экспериментально обоснованы технические и технологические параметры фрезерования асфальтобетонных покрытий высокопроизводительными ресайклерами для получения однородных по составу материалов.

Обосновано использование «отражающего экрана» в слое дорожной одежды для отражения остаточных деформаций снизу и восприятия вертикальных напряжений сверху, для реконструкции дорожных конструкций без полного их вскрытия. Это позволяет наиболее эффективно использовать ограниченные финансы, выделяемые на восстановление дорожной сети, а также значительно продлить срок службы дорог.

Предложены оптимальные составы дорожных смесей на основе ресайклированных старых асфальтобетонных покрытий и активных доменных шлаков для создания монолитного «отражающего экрана» в слое дорожной одежды.

Экспериментальные исследования и результаты опытного строительства полностью подтвердили достоверность выполненных теоретических исследований. Экономическая эффективность разработки определяется снижением стоимости реконструкции на 25-35%.

Литература

1. Асматулаев Б.А. Строительство дорожных одежд с повторным использованием материалов реконструируемых дорог. //ТОО «Эверо», Алматы,1999, С.210.

2. Веденяпин Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных. М., Изд. «Колос», 1967, С.159

3. Асматулаев Б.А., Асматулаев Р.Б., и др. Способ регенерации асфальтобетонного покрытия. // Инновационный Патент РК №20317/ КазПатент, бюл. №11, Алматы,2008, с.4

4. Смирнов А.В., Агалаков Ю.А. Расчет толщины асфальтобетонных покрытий на жестком основании по условиям сдвига //Наука и техника в дорожной отрасли, №1, Омск,1977, с.23-25.

5. Сурашов Н.Т., Гудович М.И. Машины и оборудование предприятий отрасли строительной индустрии // Учебное пособие, Алматы, 2015

АСМАТУЛАЕВ Б.А., АСМАТУЛАЕВ Р.Б, СУРАШОВ Н.Т.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДРЕНИРУЮЩИХ ШЛАКОАСФАЛЬТОБЕТОНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Аннотация. В статье приведены результаты разработки и испытания дренирующих асфальтобетонов на основе местного отхода доменного шлака. Шлакоасфальтобетоны используют на автомобильных дорогах для повышения безопасности движения транспорта в дождливую погоду или для повышения сцепления колеса на участках с большим продольным уклоном, а также для снижения шума от контакта шин с дорожным покрытием. Последнее очень важно при прохождении трассы в городах или на местности с густой застройкой из жилых зданий. Одновременно его применение увеличивает долговечность покрытия на истирание в процессе эксплуатации, а также улучшает видимость для водителей транспортных средств.

Ключевые слова: автотранспортные средства, дренирующий асфальтобетон, доменные шлаки, безопасность дорожного движения.

1.ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Государственной программой развития сети автомобильных дорог до 2020 года, прежде всего, предусмотрена реализация основных Международных коридоров. Это «Западный Китай- Западная Европа»; «Астана-Алматы»; «Астана- Усть-Каменогорск»; «Астана – Актөбе – Атырау»; «Караганда- Жезказган- Кызылорда»; «Атырау- Астрахань» и другие. Международные автомагистрали должны соответствовать международным стандартам; обеспечивать экологическую безопасность и все необходимые конструктивные исполнения и мероприятия, исключающие дорожно-транспортные происшествия (ДТП) и обеспечивающие безопасность движения [1].

Дорожно-транспортный травматизм занимает восьмое место в ряду главных причин смертности в мире и его воздействие сходно с тем, которое порождается многими инфекционными болезнями, такими как малярия [2,3]. На общенациональном уровне дорожно-транспортный травматизм приводит к значительным финансовым потерям, особенно в развивающихся странах с низким и средним уровнем дохода и достигает 1-2% валового национального продукта [4]. По данным, приведенным в работе [2]. В Великобритании, Франции, Германии и Италии, число погибших человек в ДТП в 2011 году составило соответственно: 1960 человек, 3963 человек, 4009 человек и 3860 человек, а в России 27953 человек.

Высокий уровень аварийности на автомобильных дорогах Республики Казахстан – является одной из острейших социальных проблем современности. По данным статистики (2002÷2009гг.) на автомобильных дорогах Республики произошло 22964 ДТП, в котором погибло 10764 человека, ранено 32050 человек, в том числе на дорогах республиканского значения- 12086 ДТП, погибло 5889 человек, ранено 16890 человек [2].

Одной из причин ДТП является недостаточное сцепления колеса автомобиля с влажной поверхностью покрытия. При образовании в дождливую погоду или таяния снега на поверхности асфальта слоя воды, между протекторами колес автомобилей и поверхностью асфальта происходит эффект «аквапланирования», за счет чего значительно снижается сцепление и управляемость автомобилей. Одновременно увеличивается шум от контакта с водой вращающихся колес, а в ночное время от света фар происходит отражение лучей света. Все эти отрицательные факторы ухудшают устойчивость движения автотранспорта, ограничивают скорость его движения.

К Дренирующим асфальтобетонам

В черной металлургии стран СНГ ежегодно вырабатывается более 62 млн.т доменных шлаков, из них гранулируется около 30 млн.т, в том числе -50-70% используется в цементной промышленности (1,3).

Структура использования доменного шлака за рубежом приведена в таблице 1.

Таблица 1 Структура использования доменного шлака

Страна	Используется по направлениям, %				
	дорожное строит-во	бетон	це-мент	удобре-ния	про-чее
США	70.5	17.8	0.5	-	11.2
Япония	49.5	13.3	24.5	2.7	10.0
Германия	71.5	-	20.3	1.3	6.9
Франция	50.9	2.4	24.7	-	22.0
Венгрия	37.9	11.0	33.0	-	18.1
Чехия	38.3	-	52.6	-	9.1

За рубежом, практически накопления шлака не образуется, а в транспортно развитых странах, основным направлением использования доменных шлаков является дорожное строительство. Обусловлено это техническими свойствами доменных шлаков, зависящих от их химико-минералогических составов, обеспечивающих преимущества по сравнению с использованием природных инертных каменных материалов. Щебеночно-песчаные материалы из доменных шлаков, при их плотном прессовании катками в слоях дорожной конструкции, в отличии от инертных каменных материалов , в дальнейшем цементируются в монолитный слой.

Установлено, что химический состав доменных шлаков зависит от вида и свойств железных руд, качества кокса и вида выплавляемого чугуна и колеблется в широких пределах: **CaO -30-49%; AL_2O_3 - 4.5-20%; Fe_2O_3 - 0.3-0.8%; SiO_2 - 33-44%; MgO - 1.5-15%; MnO - 0.3-3% (1).**

Содержание основных окислов доменного шлака металлургического комбината «Металл Стил Темиртау» находится также в указанных пределах: **CaO -38-41%; AL_2O_3 - 10-15%; SiO_2 - 35-40%; MgO - 6-9%** (3).

Результаты исследований возможности использования в дорожном строительстве доменных гранулированных шлаков показали, что на прочность укрепленного грунта оказывают влияние активность шлаков, качество и количество извести (активизатора), состав грунта, тонкость помола шлаков, соотношение грунта и вяжущего и условия твердения. Проведенные научно-исследовательские работы позволили рекомендовать для укрепления грунтов доменные шлаки как гидравлическое вяжущее, с добавлением извести и других активизаторов.

За рубежом широкое распространение шлаков для укрепления каменных материалов получило во Франции, Великобритании, Германии, Японии, Польше и других странах (4).

В России (4) были построены опытные участки с дорожной одеждой, состоящей из нижнего слоя - 19 см отвального доменного шлака и верхнего - 6 см из отвального доменного шлака, укрепленного 15% шлакового вяжущего. За 3 года износ покрытия составил 2-3 см, выбоин и трещин нет.

Эффективность использования молотых гранулированных шлаков повышается по сравнению с немолотым. Однако, единого мнения по составам вяжущих на основе молотых доменных шлаков и укрепленных ими материалов нет. Очевидно, причина разногласий в том, что химический состав доменных шлаков колеблется в

широких пределах и вопрос о возможности использования их решается каждый раз применительно к конкретным условиям.

В связи с этим в Казахском научно-исследовательском и проектном институте (КазНИИПИ «Дорстранс» разработан и испытан дренирующий асфальтобетон, позволяющий быстро отводить излишнюю влагу с поверхности асфальтобетонного покрытия, что повышает безопасность движения в дождливую погоду. Разработанный проект и его сущность является, несомненно, актуальным и востребованным для реализации при проектировании и строительстве автомобильных дорог.

2.РАЗРАБОТКА ДРЕНИРУЮЩЕГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

Целью данной статьи является разработка новейшего дренирующего асфальтобетона на основе местных отходов доменных и фосфорных шлаков и приведение результатов его испытаний.

В результате научных исследований, выполненных институтом КазНИиПИ «Дортранс» с участием Академика НАН РК Левинтова Б.Л. в дорожном строительстве Казахстана доменные шлаки используются по нескольким направлениям, основными из которых являются:

1. Использование в качестве щебня и песка для строительства дорожных оснований;

2. В качестве основного заполнителя в асфальтобетонных смесях для строительства покрытий автомобильных дорог и аэродромов;

3. В качестве дорожного безобжигового цемента (вяжущего) для укрепления грунтов и приготовления медленнотвердеющих бетонов.

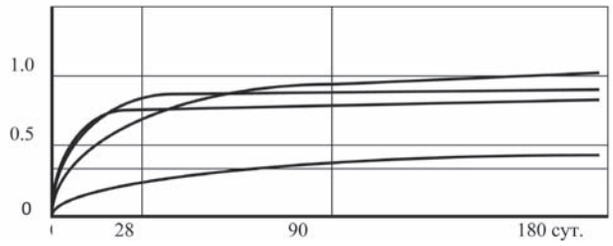
В Казахстане в 80-90-х годах было освоено производство шлаковых вяжущих для дорожного строительства, путем тонкого измельчения гранулированных шлаков совместно с активизаторами. Для производства шлаковых вяжущих не требуется спекание клинкера, как при производстве цемента, так как используются гранулированный шлак, уже прошедший термическую обработку по линии основного производства. Поэтому, вяжущие, получаемые на основе таких материалов, называют бесклинкерными или чаще безобжиговыми вяжущими или цементами. При этом необходимо отметить, что если по наименованиям минералов и химических веществ составы указанных отходов незначительно отличаются от составов портландцементного клинкера, то их компонентные соотношения значительно отличаются от требований, предъявляемым к составу клинкера. В то же время, область составов портландцементного клинкера определяется весьма ограниченным соотношением **CaO, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3** в четверной системе **C-A-S-F** в пределах, **%: CaO -60-67; SiO_2 -17-25; Al_2O_3 -3-8; Fe_2O_3 -0.2-6 (5)**.

Такая сырьевая смесь после спекания обеспечивает получение клинкера определенного минералогического состава, с преобладанием в ней высокоосновных силикатов кальция **C_3S (40-75%)** и **C_2S (5-25%)**, алюминатов и алюмоферритов кальция **C_3A (2-15%) b C_4AF (5-20%).**

До сих пор считается, что вне этих пределов вяжущие свойства ухудшаются. Это, очевидно, справедливо при определенных технологических режимах его использования, например, для условий промышленно-гражданского строительства, где необходимо быстрое затвердевание цемента для последующего его нагружения, а также обеспечения оборачиваемости опалубки. Дорожное строительство имеет свою специфику, как в технологических режимах производства, так и в условиях эксплуатации, что обуславливает необходимость изменения некоторых свойств товарного портландцемента. В частности, такое свойство, как относительно быстрое схватывание портландцементов (2-4 часа) снижает технологичность материала, особенно при больших линейных объемах строительных работ по устройству монолитных цементобетонных дорожных одежд. Быстрое твердение цементобетонов со значительным тепловыделением создает условия для появления внутреннего напряженного состояния, что снижает трещиностойкость плиты из бетона. Вследствие чего, для ослабления напряжения, необходима нарезка температурных швов в дорожной плите. Температурные швы обычно располагают через каждые 4-6 погонных метров плиты, а это в свою очередь снижает сопротивляемость покрытия динамическим нагрузкам от движущегося транспорта.

Общеизвестно, что технологические режимы строительства, в основном, обуславливаются свойствами используемых минеральных вяжущих, в том числе и портландцементов, которые в свою очередь, определяются свойствами и скоростью гидратации клинкерных минералов C_3S, C_2S, C_3A и C_4AF, содержащихся в них.

Скорости гидратации этих минералов различны, на рисунке 1 приведена кинетика роста прочности минералов цементного клинкера (5).



(1- C_3S, 2-C2S, 3-C_3A, 4-C_4AF)

Рисунок 1. Кинетика роста прочности минералов цемента

Как видно из рисунка, преобладающее содержание в портландцементном клинкере быстротвердеющих высокоосновных силикатов **C_3S**, алюминатов **C_3A** и алюмоферритов C_4AF, общее количество которых составляет 75 -85 %, и обусловливает быстрое твердение товарного портландцемента. Степень гидратации **C_2S** только через 180 суток достигает 50%, свидетельствует о медленном их твердении, но в связи их малого количества (5-25%), практически не оказывают влияния на процессы твердения портландцементов.

Шлаковые вяжущие (цементы), в которых основными компонентами являются гранулированный шлак и активизаторы, наоборот, состоят из медленнотвердеющих низкоосновных силикатов **C_2S** (75-85%), что и обусловливает медленное их твердение, поэтому они в нормативных документах классифицируются, как медленнотвердеющие (6).

Безобжиговые медленнотвердеющие вяжущие в большей степени удовлетворяют технологическим и

техническим требованиям дорожного строительства. Материалам свойственна повышенная технологичность за счет медленного схватывания вяжущего в течение 2х-3х суток в нормальных условиях. Следовательно, материалам, обработанным медленнотверде-ющими вяжущими будет свойственно длительное сохранение тиксотропных свойств, что позволит безущербно для качества обрабатывать материал на захватках, более 2-3 км, что значительно увеличит производительность строительства. Длительность тиксотропных свойств материалов будет зависеть от многих факторов (температуры, влажности, зернового состава заполнителя, погодно-климатических условий, технологических режимов используемого оборудования и машин и многих других).

В Казахстане рекомендованы составы дорожных смесей и вяжущих из гранулированного шлака, с добавкой различных активизаторов. При этом в качестве активизаторов использованы отходы и побочные продукты промышленности: цементная пыль (отход Темиртауского цементного завода), карбидная известь-пушонка (побочный продукт Темиртаусского завода синтетического каучука), подмыльный щелок (отход Шахтинского завода синтетических моющих средств), содосульфатный плав (отход производства капролактама) и др.(7).

Перспективно использование щебня, песка и минерального порошка из доменного шлака в различных асфальтобетонах со специальным предназначением, например дренирующие и щебеночно-мастичные покрытия.

Использование щебня из доменного шлака в дренирующем асфальтобетоне повышает безопасность дорожного движения и улучшает защиту окружающей среды. Дренирующие асфальтобетонные покрытия толщиной 30-50 мм обычно используют на автомобильных дорогах для повышения безопасности движения транспорта в дождливую погоду или для повышения сцепления колеса на участках с большим продольным уклоном, а также для снижения шума от контакта шин с дорожным покрытием (8). Последнее очень важно при прохождении трассы в городах или на местности с густой застройкой из жилых зданий.

Французскими учеными установлено (8), что применение дренирующего асфальтобетона снижает шум от движения транспортных средств на 3 дб. Поэтому в Париже рекомендовано расширять применение такого дренирующего дорожного покрытия. Использование дренирующего асфальтобетонного покрытия позволяет повысить безопасность дорожного движения и, одновременно, решать вопросы охраны окружающей среды и, кроме того, является одним из важных новшеств в дорожном строительстве, улучшающим комфортность движения транспорта в любую погоду.

Учитывая актуальность применения дренирующего асфальтобетонного покрытия, рядом стран разработаны стандарты, например: Бельгия – Циркуляр А-169-86/04001, Великобритания – B34987, Франция – SETRA, инструкция 40, Австрия – инструкция RVS, Финляндия – PANK 3101 и другие.

Дренирующие асфальтобетонные покрытия обеспечивают быстрый отвод воды с поверхности покрытия и, следовательно, повышают безопасность движения в дождливую погоду за счет снижения эффекта аквапланирования и повышения сцепления колеса с поверхностью покрытия. Ночью, при свете фар не происходит отражения света и улучшается условия видимости водителей. При этом значительно снижается шум от движения транспортных средств. Во многих транспортно-развитых странах стремятся строить автомагистрали, обеспечивающие высокую надежность и безопасность дорожного движения, и экологически выдержанный режим эксплуатации, с учетом максимального удовлетворения и использования потребительских качеств автомагистрали.

В целом взаимодействие битума с доменными шлаками протекает интенсивно, так как на их границе реализуются физические, механические, химические, электростатические и диффузионные процессы, поэтому адгезионные связи на границе битумоминеральный материал прочные и устойчивые к воздействию окружающей среды. Кроме того, доменные шлаки являются гидравлически активными, что способствует длительному твердению материала, с набором дополнительной прочности, что необходимо для компенсации повышенной пористости дренирующего асфальтобетона.

Дренирующие асфальтобетонные покрытия на автомобильных дорогах повышают безопасность дорожного движения, и улучшает защиту окружающей среды. Дренирующие асфальтобетонные покрытия толщиной 30-50 мм обычно используют на автомобильных дорогах для повышения безопасности движения транспорта в дождливую погоду или для повышения сцепления колеса на участках с большим продольным уклоном, а также для снижения шума от контакта шин с дорожным покрытием. Последнее очень важно при прохождении трассы в городах или на местности с густой застройкой из жилых зданий.

Кроме того, в связи с все возрастающими требованиями к качеству предоставляемых транспортных услуг, это является одним из важных новшеств в дорожном строительстве, улучшающим комфортность движения транспорта в любую погоду.

Дренирующие асфальтобетонные покрытия обеспечивают быстрый отвод воды с поверхности покрытия, что повышает безопасность движения в дождливую погоду за счет снижения эффекта аквапланирования и улучшения сцепления колеса с поверхностью покрытия. Ночью, при свете фар не происходит отражения света и улучшается условия видимости водителей. При этом значительно снижается шум от движения транспортных средств [3].

Следует помнить, что затраты на устройство дренирующих покрытий с лихвой окупаются за счет снижения ДТП, повышения комфортабельности движения и улучшения охраны окружающей среды, что сложно отразить в цифрах и подсчитать экономический эффект.

Хотя, согласно статистики страхового бюро [1,2], пострадавшим в ДТП гражданам ежегодно выплачивается: в Австрии – 3,6 млн. в Германии 3,4 млн. в Голландии – 2,2 млн. во Франции – 3,4 млн. EUR, в США – 2,3 млн. USD, в Великобритании – 1,3 млн. фунтов стерлингов. Например в Австрии применение дренирующего асфальтобетона позволило снизить число ДТП на 12,2%, что составило 152 ДТП в год и в течение 10 лет сэкономлено 30 млн. EUR.

Практика Германии показывает [2-4], что на 1 км дороги, при наличии вблизи 1 – 2 жилых домов, в соответствии с нормами, необходимо устройство шумопоглощающих защитных экранов высотой, в среднем, 3,6 м и длиной около 150-200 п.м. Применение покрытий из дренирующего асфальтобетона позволяет отказаться от их устройства, при этом экономия составляет более 33,3 тыс. EUR на 1 километр дороги.

В Казахском научно-исследовательском и проектном институте КазНИИПИ «Дортранс» разработан и испытан дренирующий асфальтобетон на основе доменных и фосфорных шлаков [5]. Естественная пористость шлакового щебня, наряду с высокой прочностью и гидравлической активностью, позволяет получить все те качественные свойства, которыми должен обладать дренирующий асфальтобетон. Пористость дренирующего асфальтобетона на основе доменного шлака достигает 22 – 25% . Нормативная пористость традиционных дренирующих асфальтобетонов находится в пределах 17 – 22%.

Для получения дренирующего асфальтобетона с заданными свойствами, определяющим является взаимодействие битума с минеральными заполнителями. При этом взаимодействии битума и минеральных материалов необходимо учитывать весь комплекс процессов, происходящих при длительном контакте этих материалов в процессе эксплуатации дороги. К ним можно отнести:

1. физические процессы на границе раздела битум – минеральный материал;
2. хемосорбционные процессы;
3. фильтрация битума и его компонентов внутрь минеральных зерен.

Доменные шлаки Карагандинского завода содержат значительно меньше SiO_2 и больше CaO; содержание кремнезема колеблется от 28 до 35%, а окиси кальция – от 46 до 52%. Повышенное содержание кальциевых соединений обуславливает лучшее сцепление шлаков с битумом, в сравнении с кислыми горными породами.

Наиболее выраженной отличительной особенностью асфальтобетонов на основе доменных шлаков, по сравнению с традиционными плотными каменными материалами, является достаточно интенсивный процесс фильтрации вяжущего и его компонентов внутрь пористого шлакового материала. Интенсивность этого процесса зависит, главным образом, от характера пористости и смачивающей способности шлакового материала. Доменный шлак является относительно гидрофобным материалом, поэтому этот процесс протекает интенсивно. По макро- и микропорам внутрь асфальтобетона фильтруется битум. Наличие микропор на поверхности зерен шлака приводит к избирательной диффузии компонентов битума. Масла проникают по капиллярам в зерна на наибольшую глубину. Смолы, из-за меньшей подвижности и большой активности проникают на меньшую глубину.

Поверхностный слой битума на шлаковых зернах менее эластичен, поэтому обогащен асфальтенами. Взаимодействие пористых шлаков с битумом приводит к тому, что битумные пленки быстрее становятся более жесткими и менее эластичными, что может ускорить процесс «старения» асфальтобетона. Поэтому следует снижать вязкость битума до некоторого предела, при этом возможно, без уменьшения прочности, повысить деформативную способность асфальтобетона, а также замедлить «старение» асфальтобетона. Для условий Казахстана следует использовать битум 90/130 или 130/200.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ДРЕНИРУЮЩЕГО АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ШЛАКОВЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

В таблице приведены результаты испытаний дренирующего асфальтобетона на шлаковых заполнителях. Состав смеси характеризуется высоким содержанием шлакового щебня фракции 10-15мм и 5-10мм, в количестве до 80-90% по массе. В качестве мелкого заполнителя использовали отсев от дробления шлака фракции 0-5мм, предварительно отсеяв частицы крупнее 5мм. В другом составе использовали гранулированный шлак фракции 0-5мм. Кроме того, дополнительно вводили цемент в количестве 1 и 2% по массе для повышения гидравлической активности тонкодисперсных частиц шлака. Битум использовали пониженной вязкости, марок БНД 90/130 и БНД 130/200. Для увеличения эластичности слоя вводили полимерные добавки.

Таблица 2. Результаты испытаний дренирующего асфальтобетона на шлаковых заполнителях

Составы асфальтобетона	Прочность при сжатии, МПа, при температуре			Фильтрация воды, m\day.
	20°С	50°С	75°С	Кфрi
1. Состав с отсевом	4,84	1,65	0,95	Кф 10 m\day
2.Состав с гран-шлаком	4,76	1,62	0,81	Кф 10 m\day
3. Состав с отсевом *	5,22	1,64	1,12	Кф 10 m\day
4.Состав с гран-шлаком *	5,12	1,48	1,32	Кф 10 m\day

*Примечание.

1. В составы 3 и 4 вводились полимерные добавки.
2. $К_ф^р$ – требуемый коэффициент фильтрации, $К_ф$ – фактический коэффициент фильтрации.

Дополнительные испытания асфальтобетона при 75°С проводили с учетом нагрева покрытия летом в южных областях Казахстана. Результаты испытаний показали, что дренирующий асфальтобетон на шлаковых материалах, в основном, исключает все недостатки, свойственные для подобных асфальтобетонов на традиционных каменных материалах. При наличии плотного водонепроницаемого нижнего несущего слоя не требуется устройства дополнительных слоев для компенсации низкой несущей способности дренирующего асфальтобетона, т.к. он по всем физико-механическим показателям удовлетворяет и даже превышает требования, предъявляемые к обычным асфальтобетонам и обладает «самовосстанав-ливающимися» свойствами в процессе длительной эксплуатации дороги. При этом температурная устойчивость не снижается даже при температуре 75°С.

Дренирующие асфальтобетоны на шлаковых заполнителях имеют также преимущества по долговечности

истирания в процессе эксплуатации. Показатели сдвигоустойчивости щебеночно-мастичных асфальтобетонов с различными добавками (составы: А, Б, В, Г) при температурах 40^{0}С-70^{0}С (рисунок 2), превышают показатели традиционного асфальтобетона (состав А1) на 10-15%, что свидетельствует об их высоком сопротивлении к пластическим деформациям.

Кроме того, покрытия из дренирующих и щебеночно-мастичных асфальтобетонов на шлаковых заполнителях при эксплуатационном содержании не требует особых мер по очистке. Пористость асфальтобетона в процессе эксплуатации дороги практически не снижается, за счет постепенного обнажения поверхности закрытой пористости, характерной для шлаковых материалов. Испытания показали, что при истирании поверхности дренирующего асфальтобетона на шлаковых заполнителях на 2, 4, 6, 8 и 10 мм (через 1,2,3,4 и 5 лет эксплуатации) пористость снизилась с 25,7% до 23,2%. Нормативная пористость традиционных дренирующих асфальтобетонов находится в пределах 17–22%. Кроме того нужно учесть, что пористость шлакоасфальтобетонов, в отличии от пористости традиционных асфальтобетонов является закрытой. Дренирующий шлакоасфальтобетон по толщине является плотным и водонепроницаемым, а только поверхность шлаковых зерен щебня имеют пористую структуру, по мере их истирания и обнажения закрытых пор.

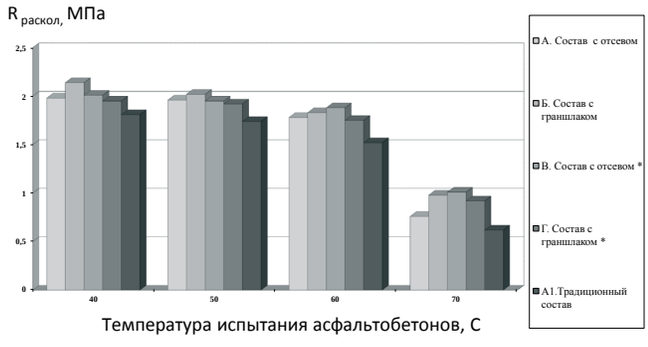


Рисунок 2. Диаграмма распределения показателей сдвигоустойчивости асфальтобетонов

Установлено, что конструктивный слой из пористого асфальтобетона обладает высокой водопроницаемостью и периодически насыщается водой, теряя при этом свои прочностные характеристики. Вода может проникать в асфальтобетонный слой как сверху, сбоку, так и снизу из щебеночного основания, тем более, что в крупнозернистых смесях содержится большое количество взаимосвязанных открытых пор и они склонны к проникновению воды даже при остаточной пористости 5-7 % [6]. В результате ослабевает вся конструкция дорожной одежды. В научных работах [7;8] приводится множество реальных примеров преждевременного разрушения покрытий, где причиной являлись асфальтобетонные слои, которые поглощают и удерживают влагу. При насыщении водой и под действием движения автомобильного транспорта происходит отслоение битумной пленки от каменного материала, что приводит к дальнейшим повреждениям слоев асфальтобетона.

Также отмечается, что большинство выбоин и разрушений наблюдается не у оси, а у кромки покрытия, поскольку именно там происходит накопление влаги. Кроме того, пористый асфальтобетон содержит меньшее количество битума и обладает более низким сопротивлением к усталости и растягивающим деформациям. Поэтому дренирующие асфальтобетоны устраиваются на прочных плотных асфальтобетонах, а традиционные пористые и высокопористые асфальтобетоны используют для устройства нижних слоев, которые, в соответствии с концепцией вечных дорожных одежд [9;10] должны обладать высокой стойкостью к усталости при растяжении.

Учитывая все преимущества дренирующего асфальтобетона на шлаковых материалах, рекомендуется их строительство на всех перегонах с жилой застройкой, для повышения безопасности дорожного движения, а также снижения шума и повышения комфортности и видимости для водителей транспортных средств. Эти же рекомендации могут быть распространены на участки с крутыми горизонтальными кривыми.

4.ВЫВОДЫ

Учитывая все преимущества дренирующего асфальтобетона на шлаковых материалах, рекомендуется их строительство на всех перегонах с жилой застройкой, для повышения безопасности дорожного движения, а также снижения шума и повышения комфортности и видимости для водителей транспортных средств. Эти же рекомендации могут быть распространены на участки с крутыми горизонтальными кривыми, а также для повышения сцепления на бетонных покрытиях, при их использования в качестве слоя износа.

Перспективы применения шлакового дренирующего асфальтобетона обнадеживают, так как его физико-механические показатели не уступают обычным асфальтобетонам, а стоимость его производства ниже традиционных, за счет использования техногенных побочных продуктов промышленности.

5.БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный сайт Президента Республики Казахстан. Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана 11 ноября 2014 г. Астана.

2. ROAD SAFETY PERFORMANCE, National Peer Review: Russian Federation – ISBN 92-821-2335-9 – ECMT, 2006.

3. Rolled concrete. Construction industry, № 50, 1987, s. 1641,1644.

4. Rollers compact the concrete. Road and highway, vol.39, №2, 1988, s. 83.

5. Патент РК №18266 «Асфальтобетонная смесь для дорожных и аэродромных покрытий» Минюст РК, Комитет по правам интеллектуальной собственности, Бюллетень №2, 2007.

6. Mallick R.B. et al. Evaluation of Factors Affecting Permeability of Superpave Designed Pavements. National Center for Asphalt Technology, Report 03.02, June 2003.

7. Kandhal P.S. and I. Rickards. Premature Failure of Asphalt Overlays from Stripping: Case Histories. Asphalt Paving Technology, Volume 70, 2001.

8. Kandhal P.S. Moisture Susceptibility of HMA Mixes: Identification of Problem and Recommended Solutions. National Asphalt Pavement Association, Quality Improvement Publication (QIP) No. 119, December 1992.

9. Радовский Б.С. Концепция вечных дорожных одежд // Дорожная техника. Каталог-справочник 2011. С. 120-132.

10. David E. Newcomb, Richard Willis, David H. Timm. Perpetual Asphalt Pavements. Asphalt Pavement Alliance — 2009.

М.Ш.АЛИНОВ

ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО: ТРЕНДЫ, ТЕХНОЛОГИИ, ИССЛЕДОВАНИЯ УЧАСТНИКОВ ВСЕМИРНОГО КОНГРЕССА ИНЖЕНЕРОВ И УЧЕНЫХ EXPO – 2017

Аннотация. В обзорной статье осуществлен анализ тематических трендов, исследований представленных докладов на Всемирном Конгрессе инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» в рамках EXPO 2017 ASTANA (Казахстан). На основе анализа более 250 докладов определены и структурированы основные направления современных исследований и технологий ученых и экспертов стран мира.

Ключевые слова: EXPO 2017 ASTANA, Казахстан, энергия будущего, возобновляемые источники энергии, нобелевский лауреат, доклады, энергоэффективные технологии, инновации, экология, глобальная энергетика.

Abstract. In the review article, the thematic trends and studies of the reports presented at the World Congress of Engineers and Scientists “Energy of the Future: Innovative Scenarios and Methods of Their Implementation” were analyzed in the framework of EXPO 2017 ASTANA (Kazakhstan). Based on the analysis of more than 250 reports, the main directions of modern research and technology of scientists and experts of the countries of the world have been identified and structured.

Keywords: EXPO 2017 ASTANA, Kazakhstan, energy of the future, renewable energy sources, Nobel laureate, report, energy efficient technologies, innovations, ecology, global energy.

Введение. О масштабах конгресса на международном научном пространстве свидетельствует участие в нем более **1000 делегатов** из **50 стран мира**, из них **300 зарубежных ученых**. В числе докладчиков Лауреаты Нобелевских премий и Международной премии «Глобальная энергия», ведущие ученые и известные эксперты, ректоры университетов, руководители крупных энергетических компаний мира.

Наибольший интерес вызвали доклады, отражающие приоритетно исследуемые и актуальные темы глобальной энергетики, таких ведущих исследователей, как Лауреаты Нобелевской Премии: Раджендра Кумар Пачаури (Индия), Рае Квон Чунг (Южная Корея), Мохан Мунасингхе (Шри-Ланка), Рикардо Валентини (Италия), Лауреаты премии Глобальна Энергия: Геннадий Месяц (Россия), Клемент Боуман (Канада), Пармон Валентин (Россия), Алексей Конторович (Россия), Владимир Накоряков (Россия), Борис Каторгин (Россия), Эдуард Волков (Россия), Клаус Ридле (Германия), а также одного из ста специалистов в Мировой ветроэнергетике от организации «Мир о Ветре» Мишель Т. Дэвис (Великобритания), Сопредседателя Партии зеленых Ральф Фюкс (США), профессора Стэнфордского университета Фридрих Принц (США), Министра энергетики и горнодобывающей промышленности штата Сан-Паулу Жоао Карлос де Соуза (Бразилия), Генерального директора Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA) Аднан Амин (UAE), представителя крупнейшего в Европе исследовательского института солнечной энергии Йохен Рентш (Германия), профессора Токийского университета Коджи Окамото (Япония), Президента Канадской академии Боумен Клемент (Canada), Professor, School of Architectura, Bergen city Bylund Lars (Norway).

Методы и анализ исследований

Широта предложенных исследований охватывает весь спектр аспектов и проблематики энергии будущего, от глобальной технологии водородной энергетики до энергоэффективных smart-технологий для отдельных потребителей. В целях систематизации всей совокупности тематик и вопросов, все доклады нами разделены на 10 групп: Изменение климата; ВИЭ; Зеленая экономика; Инновации в энергетике; Энергоэффективные технологии; Ядерная энергетика; Глобальная энергетика; Инновации в углеводородной энергетике; Экология; Кадры новой энергетики. В каждой условной группе методически стремились выделить наиболее современные и инновационные исследования, представляющие интерес научного сообщества стран мира.

Таблица1. Приоритеты исследований стран участников конгресса

	Приоритеты исследований	Страны – исследователи
1	Изменение климата	Казахстан, Россия, Австрия, Индия, Шри-Ланка, Италия, Малайзия
2	ВИЭ	Россия, Германия, Великобритания, ОАЭ, Казахстан, Корея, Киргизия, Польша, Финляндия, Узбекистан, Китай

3	Зеленая экономика	Южная Корея, Норвегия, Канада, Казахстан, Бельгия, Грузия, Украина, Россия, Венгрия, Австралия, США,
4	Инновации в энергетике	Германия, США, Беларусь, Словения, Россия, Великобритания, Исландия, Словения, Казахстан, Польша, Канада, Корея,
5	Энергоэффективные технологии	США, Япония, Казахстан, Россия, Болгария, Канада,
6	Ядерная энергетика	Куба, Россия, Япония, Казахстан, США, Великобритания, Беларусь, Польша, Германия, Китай,
7	Глобальная энергетика	Канада, Россия, Германия, США, Казахстан, Япония, Венгрия,
8	Инновации в углеводородной энергетике	Казахстан, Узбекистан, США, Россия, Беларусь, Германия,
9	Экология	Бразилия, США, Мексика, Казахстан, Грузия,
10	Кадры новой энергетики	Казахстан, Россия, Румыния, Канада,

1. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ)

Как показал анализ, превалирующим направлением в исследованиях энергии будущего стали возобновляемые источники энергии,- (18%) всех докладов (Рисунок 1). При этом, базовыми ориентирами практически для всех работ служили результаты исследований Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA): около 150 стран мира приняли политику в области ВИЭ, генерирующие мощности на основе ВИЭ составили 61% всех новых введенных мощностей в 2015%; в совокупном энергопотреблении доля ВИЭ составляет в настоящее время 18,3%, которая возрастет к 2030 году до 36% [1]. Замечательны исследования Мишель Т. Дэвис (Великобритания).

Группа, руководимая ею, консультировала более 30 GW проектов по использованию возобновляемых источников энергии в глобальном масштабе. Мишель названа «руководителем возобновляемых источников энергии» и за последние 3 года получила звание одного из 100 специалистов в Мировой ветроэнергетике от организации «Мир о Ветре».

Большой интерес вызвали развитие ВИЭ в Китае, Индии, Южной Корее, Финляндии, Бразилии. Так, на Китай пришлось около трети совокупных инвестиций всех развивающихся стран. Не менее интересными оказались проекты: «Программа «зеленого аэропорта» Будапешта» (Венгрия); Возможности применения технологий ВИЭ для повышения энергоэффективности в строительном секторе Кыргызской Республики. 1 т. С.309.; Повышение эффективности работы ветроэнергетической установки при низких скоростях ветра. 1 т.с.369. (РФ); Устойчивая модель возобновляемой энергии биомассы в лесном хозяйстве. 2 т. С.80. (Польша); Теплоэнергетический потенциал термальных вод Казахстана. 2т. С.112. (Казахстан); Исследование эрозии осадка в гидротурбине микропроцессора. 3 т.с.39. (Корея); Ресурсы биотоплива в условиях развития сельского хозяйства. 4 т.с.231. (Казахстан); Разработка энергосберегающей системы освещения, основанной на использовании альтернативного источника энергии. 4 т.с.380. (Россия).

Казахстан также смог представить уникальный проект профессора А.В. Болотова комплексной энергетической системы (КЭС) на основе патентного ветрового и солнечного генераторов, предназначенного для работы на отдаленных объектах с разных климатических условиях. Около 50 КЭС с мощность 23 кВт и выше уже успешно эксплуатируется [ ].

Рисунок 1. Тематика докладов конгресса Энергии будущего

2. Зеленая экономика

Значительное число исследований (12%) посвящены проблемам «зеленой энергии» и «зеленой экономики». Прежде всего, следует отметить о концептуальных исследованиях «зеленой экономики», как части тренда устойчивого развития на глобальном уровне. Именно так освещены эти вопросы в докладах Лауреата Нобелевской премии по изменению климата. **Рае Квон Чунг (Южная Корея), который** известен своей активной позицией и построением диалогов по практическим методам Устойчивого развития. Под его руководством в 2012 году ЭСКАТО выпустила Дорожную карту по «Зеленому росту» и низким выбросам углерода, Лауреата Нобелевской Премии **Рикардо Валентини (Италия),** Руководитель научного отдела «Союз «Зеленого» Капитала», Боумен Клемент (Канада) Председателя Канадской академии, Профессора Билунд Ларс из Школы архитектуры г. Берген(Норвегия), известного исследователя «зеленой экономики» Бобылева С.Н. – Низкоуглеродная экономика: новые вызовы для сырьевой модели развития. 3 т.с.120. Среди оригинальных научных работ привлекли внимание следующие доклады: Лордкипанидзе М.М. - Инновационные технологии и проекты зеленой энергетики. 2 т. С.62.; Шаденова Е. - Технология сохранения и воспроизводства генетики как основы для зеленой экономики республики Казахстан. 2 т. С.82.; Паршуков В.И. – Энергетические комплексы тригенерации энергии на основе технологий утилизации промышленных и коммунальных отходов. 2 т.с.259. (Россия); Бишимбаев М.Ж. – Вопросы создания «зеленой экономики» в применении к развитию горнометаллургического комплекса. 3 т.с..(Казахстан); Зал С.Т. – Потребности горнодобывающая промышленность в ответ на «Зеленую энергетическую экономику». 4 т.с.54. (Австралия);

Максимчик О.В. - Концепция «умного региона» как пути будущих регионов России. 4 т.с.213. (Россия); Его-

ров О.И. – Экологически стабильное развитие нефтегазового комплекса на принципах «зеленой экономики». 4 т.с.290. (Казахстан); Романенко В.В. – О возможном влиянии предприятий энергетики на здоровье жителей населенных пунктов (на примере Калачи). 4 т.с.350.(Казахстан);

3.Инновации в энергетике

Среди приоритетных исследований выделяется направление внедрения интеллектуальных энергосистем в существующие сетевые комплексы. Эти проблемы рассмотрены в докладах: Гибридный мультипроцессорный моделирующий комплекс интеллектуальных энергосистем. 1 т. С.190 (Россия); Мониторинг устойчивости национальных электрических сетей Казахстана с использованием системы фазовых измерений параметров режима – 1 т. С.153; Разработка устройства микропроцессорного автоматического ввода резерва электропитания. 1 т. С.316. (Казахстан); Решение проблемы гибкости энергосистемы с помощью гравитационного накопителя электроэнергии на твердых грузах. 1 т. С.- 209 (Россия); Эволюционные методы для создания искусственного интеллекта робототехнических систем. 1 т. С. 216. (Россия); Технология персональных электроэнергетических систем – основное недостающее звено 6-го технологического уклада. 1 т. С.289. (Россия); Интеллектуальный рентгенографический кроулер СВК-3 на принципах искусственно интеллекта. 2. Т.с.279. (Россия); Группа исследований рассматривает актуальные в настоящий период вопросы новых технологий накопителей энергии, среди них «Решение проблемы гибкости энергосистемы с помощью гравитационного накопителя электроэнергии на твердых грузах. 1 т. С.- 209» (Россия); Новая эволюция наноматериалов для энергетических применений. 2 т. С.67. (Казахстан); Современные тенденции развития литиевых материалов в Казахстане. 3 т.с.114. (Казахстан); Получение перспективного материала на основе алюминида титана для водородоаккумулирования. 3 т.с.247 (Казахстан); Энергоаккумулирующие вещества – как источник получения водорода из воды и катализаторов на их основе. 3 т.с.287. (Казахстан); Также инновации в других сферах энергетики, в частности « разработки высокотемпературных энергетических турбин компании Сименс» (Германия), интеграции зданий е почти нулевое потребление энергии в устойчивых сетях (Словения) , Анализ и оптимизация систем сжигания биомассы на основе оптических методов – 1 т. С.109 (Польша), Инновационная технология опреснения морских и пластиковых вод в солнечном коллекторе. 2 т.с.156. (Казахстан).

4. Энергоэффективные технологии

В данном разделе среди креативных исследований можно выделить доклады Лауреата Международной премии за глобальную энергетику Акира Йошино за продвинутые исследования батарей (Япония), профессора Дидманидзе О.Н. «Научные основы ресурсосбережения в газовых двигателях» (1 т. С. 221.) (Россия), Исабаева Г.А. «Проектирование энергоэффективной архитектуры» (1 т. С. 249.) (Казахстан), Трофимова Г.Г. « Качество электроэнергии и энергоэффективность» (Россия) (1 т. С.362), Батырбекулы Д. «Тонкие пленочные микробаты для энергосберегающего применения» (Казахстан) (2т.С.44.), Алинова М.Ш. «Повышение энергоэффективности машиностроительных станков нового поколения: модель DMG MORI» (Казахсатн) (2 т.с.145.), Нугужинова Ж.С. «Энергоэффективные теплоизоляционные материалы из техногенных отходов – комплексное решение экологических и энергетических проблем» (Казахстан) (2 т.с.243.); Mahboob A. - К искусственной фотосистеме II: второе поколение реакционного центра бактериоферритина. 4 т.с..213. (Канада).

Кроме того, по данному направлению представлены следующие заслуживающие научный интерес доклады: Алтыбаев А.Н. – Об информатизации процессов энергосбережения сельского хозяйства. 2.т.с.149. (Казахстан); Монтаев С.А. – Технология переработки кремнезем и стеклосодержащего силикатного сырья для получения теплоизляционно-конструкционного материала – пеностекла. 2 т.с.240. (Казахстан); Алимгазин А.Ш. – Применение энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием альтернативных источников энергии для тепло и хладоснабжения объектов РК. 3 т.с.79.(Казахстан); Брзыгалов А.А. – О возможных путях развития промышленных накопителей энергии. 3 т.с.131. (Россия); Ким В.Л. – Инжиниринговые услуги как инструмент трансфера энергосберегающих технологий. 3 т.с.234.(Россия); Сарапулов С.Ф. – Уральский энергетический институт: активности в сфере «зеленых технологий». 3 т.с.282. (Россия); Бишимбаева Г.К. – Концепция энергоэффективности: инновационные технологии прямого преобразования «бросового тепла» в электрическую энергию. 4 т.с.269. (Казахстан); Тулешов А.К. – Основные тенденции развития энергосберегающих технологий в машиностроении. 4 т.с.363. (Казахстан) и другие.

5.Инновации в традиционной углеводородной энергетике

Бесспорно, исследования перспектив энергии будущего невозможно рассматривать без роли и трансформации традиционной углеводородной энергетики. Ученые многих стран проводят исследования по поиску экологических, технологических и экономических последствий для окружающей среды и людей угольных, нефтяных и газовых источников энергии и находят новые технологии, позволяющие их дальнейшее использование как альтернатива безуглеродной энергетике.

Весьма интересным в этом отношении является исследование «Будущее ископаемой энергии: топливные элементы для менее углеродного электричества?» (США) 2 т. С.51., а также «Современные технологии комплексной переработки сланцев Казахстана.» 3 т.с.182., «Ключевые вызовы и перспективы глобальной нефтяной отрасли. (Казахстан) 3 т.с.212., «Мировые тенденции в области утилизации углекислого газа и казахстанские реалии.» (Казахстан) 3 т.с.330., «Альтернативная технология эффективной переработки нефтяного сырья. 4 т.с.117.

6.Глобальная энергетика

Наиболее развернутым и содержательным по данной тематике следует выделить доклад казахстанского исследователя Каминова Б.(Мировая энергетическая система 1 т. С.124). Автором рассмотрены перспективы развития совокупность как углеводородных так и возобновляемых источников энергии (угля, нефти, газа, гидро, ВИЭ, атомная, биомассы) до 2030 года. Даны расчеты по накопленным в мире объемам индустриального тепла, а также температурная аномалия вызванные промышленными тепловыми выбросами за прошедший период 1966-2015 годы. Представляет интерес приведенные прогнозные расчеты энергоснабжения связанные с ростм населения на будущий период 2000 – 2120 годы. За предстоящие 120 лет при росте населения планеты с 7, 0 до 11,2 млрд человек уровень энергетических мощностей возрастет с 12850 Мтнэ до 55980 Мтнэ.

Из числа технологий альтернативной энергии будущего вызывает интерес исследования водорода и легких слабосвязанных ядер Кутербекова К.А. (Казахстан) (2 т.с.209).

Различные аспекты тематики глобальной энергетики отражают доклады:

Развивающие страны на пороге третьей промышленной революции. 1 т. С.352. (Казахстан) ; Перспективы развития электроэнергетики России. 1 т. С.370.; О создании единой энергетической системы Евразийского континента. 2 т.с.196. (Казахстан); Внедрение среды в Японии 2016 года и японская программа международного сотрудничества (Сатрепс). 3 т.с.46.; Перспективы развития ETS в Европейском Союзе. 3 т.с.53.(Германия);

Тренды энергоресурсов. 3 т.с.321. (Казахстан); Проблемы управления энергией будущего. 4 т.с.68. (Венгрия).

7.Ядерная энергетика

Свое особое место среди исследований безуглеродной энергетики занимает ядерная энергетика. В ряде авторских исследований рассматривались вопросы использования энергии атома и в освоении космоса, суперкомпьютерах, замкнутом топливном цикле, сверхпроводниках и ядерной энергетике.

Атомная энергетика, составляющая в настоящее время уже 10,6% всей вырабатываемой в мире электроэнергии, будет динамично развиваться и дальше, вытесняя тем самым мощности углеводородной энергетики. А в таких странах как Китай, Индия, также в регионах Индокитая, Азии, Латинской Америки атомная энергетика занимает место среди технологий безуглеродной энергетики, ориентированной на будущее. Один из докладов по данному тренду китайского исследователя Ли Дж. «Развитие китайского синтеза - Инновационный потенциал китайской ядерной энергетической программы» (1 т. С.139). В то же время нельзя не принимать во внимание тенденции свертывания атомных электростанций, по причине, прежде всего, риска ядерной безопасности. Именно этой проблеме посвящены доклады «Развитие передовой ядерной системы после Фукусимы для устойчивого будущего» исследователя из Японии Окамото К. (3 т.с.49), «Чернобыльское наследие - новый подход к прогрессу» Сивинского В. (4 т.с.58. ((Россия), казахстанских ядерщиков Бакланова В.В. (3 т.с.85.), Витюка В.А. (3 т.с.133.).

Инновационный потенциал атомной энергетики Казахстана описывается в докладе Батырбекова Э.Г. (3 т.с.91.). Проблемы физики конденсированного состояния – фазово-структурным превращениям в сталях и сплавах под влиянием реакторного облучения нейтронами, рассмотрены в исследованиях другого казахстанского ученого профессора Скакова М.К. Ядерной инфраструктуре стран-новичков посвящено исследование Гордона Б. (Россия) (3 т.с.157.).

Кроме того, перспективы развития технологии ядерной энергетики рассмотрены в докладах: Перспективы использования активированного алюминия в водородной энергетике. 3 т.с.125.(Казахстан); НОУ топливо для исследовательских реакторов. 3 т.с.197.(Россия); Стратегия развития двухкомпонентной ядерной энергетики. 3 т.с.293. (Россия);

Развитие ядерных и радиационных методов и технологий для науки, медицины и промышленности Казахстана. 3 т.с.227. (Казахстан); Теплофизические свойства и фазовый состав натурного кориума быстрого энергетического реактора. 3 т.с.259.(Казахстан); Установка для переработки бериллия, облученного в ЯЭУ. 4 т.с.258. (Казахстан);

Установка для переработки бериллия, облученного в ЯЭУ. 4 т.с.258. (Казахстан); Разработка детектора нейтронов, основанного на преобразовании энергии ядерной реакции Li(n,α) T в энергию оптического излучения. 4 т.с.306. (Казахстан); АЭС на основе газоохлаждаемого реактора. 4 т.с.318. (Казахстан);

Теплофизические свойства и фазовый состав натурного кориума быстрого энергетического реактора. 4 т.с.343. (Казахстан); Оценка фоновых характеристик воздушной среды в месте предполагаемого строительства АЭС в Казахстане. 4 т.с.374. (Казахстан); Оптическая термометрия для изучения воздействия плазмы на кандидатные материалы первой стенки будущих термоядерных реакторов. 4 т.с.375. (Казахстан);

Возможности использования водородной энергии в Казахстане: подготовка сплавов для хранения водорода Ti-Cr-Mn и исследование их поглощающих свойств. 2 т. С.104. (Казахстан); Перспективы использования активированного алюминия в водородной энергетике. 3 т.с.125. (Казахстан); Энергоаккумулирующие вещества – как источник получения водорода из воды и катализаторов на их основе. 3 т.с.287. (Казахстан); Казахстанский материаловедческий ТОКОМАК и его роль в международных исследованиях в поддержку создания термоядерного реактора. 3 т.с.299.

8.Изменение климата

Центральным ожидаемым докладом следует считать научное сообщение Лауреата Нобелевской премии доктора Раджендра Кумар Пачаури (Индия), являющегося председателем Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Также наиболее значительное исследование взаимосвязи развития низкоуглеродной экономики с процессами изменения

климата представлено известным российским ученым в области «зеленой экономики» профессором МГУ им. М.Ломоносова Бобылевым С.Н. (3 т.с.120.). Не меньший интерес вызвал доклад профессора Лакатос П.по оценке отношения между уровнем развития европейского Visegrad Four и Австрии и их углеродными следами. (4 т.с.49.). В этом контексте можно рассматривать и исследование казахстанского ученого Медеу А.Р. по территориальному перераспределению стока для водообеспечения Казахстана. (1.т. с.299.). В числе представляющих научный интерес докладов можно отметить следующие: Аналитическое исследование ночной радиационной системы охлаждения в субконтинентальных климатических условиях. 2 т. С.99. (Казахстан); Энергетические функции живого вещества в агроценозах – биосферные основы земледелия. 2 т.с.213. (Россия); Инновационные технологии перехода низкоуглеродному развитию6 ВИЭ и СТВ. 3 т.с.176. (Казахстан); Перспективы сокращения выбросов парниковых газов в энергетической отрасли РК на основе оценки углеродного следа. 3 т.с.207.(Казахстан); Кавитация как торнадо-явления в природе и как источник энергии в современных технологиях.(4 т.с.209.) (Казахстан). Рои землетрясений как отклик энергонасыщенных структур земной коры на воздействие астрофизических факторов. 4 т.с.328. (Казахстан);

9.Экология

Одним из знаменательных сторон конгресса был экологический тренд новейших энергетических технологий. Так или иначе, поиски безуглеродной энергетики в полной мере соответствуют целям снижения антропогенных выбросов в окружающую среду и снижения тем самым экологической нагрузки. В данном контексте вызывает интерес следующие исследования ученых-экологов разных стран:

Профессор Калифорнийского университета в Сан-Диего Джон Маккартни (США); Исследователь механизмов сокращения выбросов парниковых газов из Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова Сафонов Г. (Россия); Специалист Инженерной океанографии и прибрежных защитных сооружений Доктор Маурисио Порраз (Мексика); профессор национального университета Инчхон Shin E.C.(Южная Корея);

Сенатор по вопросам окружающей среды и городского развития. Со-председатель Партии зеленых. Ральф Фюкс (Германия);

Автор книги «Ecological Intelligence», американский психолог и признанный эксперт в области эмоционального и экологического интеллекта Дэниел Гоулман (США); Экспериментальные морские исследования в акваториях Батуми и Анаклии. 2 т. С.76. (Грузия); Внедрение современных методов эффективного сохранения биоразнообразия лесов в зоне Каспийского моря. 2 т. С.81.(Казахстан); Современные подходы к оценке сейсмической опасности для обеспечения экономической и экологической безопасности Казахстана. 2 т. С.105.(Казахстан); Количественная оценка триклозана и его вредных экотоксичных побочных продуктов в жидкой и твердой фазах стоков. 3 т.с.73.(Казахстан); Разработка методологии создания биологических площадок мониторинга экосистем зоны влияния АЭС. 3 т.с.248.(Казахстан); Численное моделирование разлива нефти в Каспийском море. 4 т.с.29. (Казахстан); Мониторинг очаговых зон сильных землетрясений на основе непрерывного картирования интегрированного совокупного параметра флюидного режима в сейсмоактивных районах. 4 т.с.244. (Казахстан); – Экологическая и продовольственная безопасность РК. 4 т.с.254. (Казахстан);

Влияние энергии землетрясений на биологические объекты сейсмически уязвимого региона Казахстана. 4 т.с.264. (Казахстан);

10.Кадры новой энергетики

Отдельный блок конгресса был посвящен вопросам научного кадрового обеспечения. В числе зарубежных участников были представлены доклады заместителя декана Западного университета профессора Луис Фернандо Капрец (Канада), Исполнительного директора Австралийского горного образования Университета Картина Стива Холла (Австралия), доцента Национального университета государственной службы Питера Лакатоса (Венгрия), профессора Института Масдар Афшина Афшар (Объединенные Арабские Эмираты), профессора Брашовского университета Трансильвании Дору Урсутиу, вице-президента Обсерватории ИРЕГ Вальдемара Сивински (Польша), профессора Софийского технического университета Славка Тзанову, ректора Уральского федерального университета им.Б.Н.Ельцина Кокшарова В.А., Вице-президента Международной инженерной академии Игорь Эмри (Словения), профессора университета Куало-Лумпур Аземи Мохд Нур (Малазия), профессора Стэнфордского университета Фридрих Принц (США), ректора Томского политехнического университета Чубика П.С., ректора Уфимского государственного нефтяного технического университета Бахтизина Р.Н.

Значительную группу казахстанских ректоров и ученых возглавил Президент Ассоциации вузов академик Алшанов Р.А. По тематике блока были представлены следующие доклады: Вклад Ifees в международное сотрудничество в области инженерного образования, устойчивого развития, iot и удаленных технологий. 4 т.с.41.(Румыния); Инженерные студенты и преподаватели \ Проблемы преподавания. 4 т.с.46. (Канада); Междисциплинарный подход к обучению высококвалифицированных специалистов. 4 т.с.62. (Казахстан); Мастерская подготовка Зеленой энергетики для промышленного и инновационного развития Казахстана. 4 т.с.73.(Казахстан); Кадровое сопровождение «зеленой экономики». 4 т.с.83. (Казахстан); Опыт международного сотрудничества в инженерном образовании с университетами Франции. 4 т.с.86. (Казахстан); Инженерное образование в Казахстане: проблемы. Компетентностный подход к обучению в свете глобальных технологических вызовов. 4 т.с.97. (Казахстан);

Роль современных совместных с предприятиями научных исследований при подготовке современных инженерных кадров. 4 т.с.107. (Казахстан); Современные подходы к реализации образовательных программ в сфере энергетики. 4 т.с.137. (Россия); Роль инженерного образования в развитии инновационной экономи-

ки. 4 т.с.142. (Казахстан); Создание специфических сред для формирования мировоззрения устойчивого развития у будущих инженеров. 4 т.с.168. (Россия); Создание специфических сред для формирования мировоззрения устойчивого развития у будущих инженеров. 4 т.с.168. (Казахстан); Энергетический след университетского кампуса. 4 т.с.189. (Казахстан); Политехническое образование – основа конкурентоспособности специалиста XX1 века. 4 т.с.194. (Казахстан); Подготовка инженерной элиты для стран СНГ. 4 т.с.199. (Россия);

Озеленение учебных программ - 20-летний опыт. 4 т.с.224. (Казахстан);

Инновационные методы обучения профессионализму.4 т.с.225. (Казахстан); Инновационные методы обучения профессионализму.4 т.с.225. (Казахстан);

Отдельно можно отметить доклад Генерального менеджера управления людских ресурсов ТОО «Тенгизшевройл» Алтыбаевой Ш. Б., которая представила ряд значимых проектов в области отбора и развития кадрового резерва инженерно-технических работников, методики оценки и аттестации персонала, а также разрабатывала политики и процедуры управления персоналом, подготовки и повышения квалификации казахстанских специалистов, прежде всего с позиции работодателя, компании.

Заключение

Проведен расширенный научный аналих представленных докладов на Всемирном Конгрессе инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» в рамках EXPO 2017. На основе анализа более 250 докладов структурированы в 10 основные направления современных исследований и технологий ученых и экспертов стран мира. Основными направлениями определены: Возобновляемые источники энергии; Инновации в энергетике; Зеленая экономика; Инновации в энергетике; Энергоэффективные технологии; Инновации в традиционной углеводородной энергетике; Глобальная энергетика; Ядерная энергетика; Изменение климата; Экология; Кадры новой энергетики.

Значительный интерес представляет группировка докладов по странам их авторов, что наглядно показывает тренды и приоритеты различных стран в развитии энергетики.

Источники литературы

1. IRENA (2017), Новый взгляд на энергетику за 2017 г.: Ускорение преобразований на мировом рынке энергетики. Международное агентство по возобновляемым источникам энергии, Абу-Даби.

2. Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации: материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых 19-20 июня, Астана, Казахстан. 2017 – Т.1. – 380 с. ISBN 978-601-06-4271-3.

3. Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации: материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых 19-20 июня, Астана, Казахстан. 2017 – Т.2. – 318 с. ISBN 978-601-06-4271-3.

4. Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации: материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых 19-20 июня, Астана, Казахстан. 2017 – Т.3. – 342 с. ISBN 978-601-06-4271-3.

5. Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации: материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых 19-20 июня, Астана, Казахстан. 2017 – Т.4. – 392 с. ISBN 978-601-06-4271-3.

6. АЛИНОВ М.Ш. Экологические факторы наследия ЭКСПО-2017/ Вестник КазНАЕН №1 2018. С. 12-17.

ДАСИБЕКОВ А., АЙМЕНОВ Ж.Т., АРАПОВ Б.Р., МЫРЗАЛИЕВ Д.С., КАБЫЛБЕКОВ К.А.,

Южно Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова

КОНСОЛИДАЦИЯ НЕОДНОРОДНЫХ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС

Аннотация. Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесідей:

- Біртекті топырақты тығыздалған механиканың жаңа теңдеулерін алу;
- бір өлшемді және екі өлшемді формулада біркелкі емес әлсіз топырақтың механикасының жиектік есептері шешілді;
- сазды топырақты негіздерді тығыздау процесіне топырақтың біркелкі еместігінің әсері анықталды;
- жер массасын шоғырландыру процесіне тығыздалатын ортаның сырғымасының әсері анықталды;
- бу қысымын, қаққадағы кернеулерді және тығыздалатын сазды топырақ негізінің шөгінділерін, оны жүктеудің әр түрлі жағдайлары үшін есептеу формулалары берілген;
- топырақтың су өткізгіштігіне анизотропияның серпімді және эластокритикалық топырақтың гетерогенді топырақтарының стресс-штамм күйіне әсері белгіленді.

Кілттік сөздер. механика-математика, модел, дефорциалану, біртектіемес, топырық, жылжымалы, анизотроптық, беріктілік, градиент, басым.

Abstract. The scientific novelty of this work is as follows:

– obtained new equations of mechanics of heterogeneous compacted soil;

- in one-dimensional and two-dimensional formulation boundary value problems of mechanics of inhomogeneous weak clay soils are solved;

- the influence of soil heterogeneity on the process of compaction of clay soil bases is established;

- the influence of creep of the compacted medium on the process of consolidation of earth masses is determined;

- calculation formulas for calculation of pore pressure, stresses in the skeleton and sediment of compacted clay soil base for different cases of its loading are given;

-the influence of anisotropy in soil water permeability on the stress-strain state of elastic and elastic-creeping clay heterogeneous soils was established.

Keywords: mechanics-mathematics, model, deformation, heterogeneity, soil, creep, anisotropy, strength, gradient, head.

Целью работы является создать новые и развить существующие механико-математические модели процесса деформирования крупных и мелкомасштабных неоднородных грунтовых оснований; решения задач механики упругих и упругоползучих глинистых грунтов с учетом их неоднородности, ползучести, свойств анизотропии по водопроницаемости глинистых грунтов, структурной прочности сжатия и начального градиента напора. На основе этих решений найти расчетные формулы. Для достижения этой цели:

– установить законы изменения во времени и координат деформативных характеристик уплотняемых неоднородных глинистых грунтовых массивов;

– вывести новые разрешающие уравнения механики глинистых упругих и упругоползучих неоднородных грунтов;

– решить полученные уравнения применительно к задач уплотнения;

– разработать расчетные формулы для вычисления давления в поровой жидкости, напряжений в скелете и осадок уплотняемых водонасыщенных грунтовых оснований.

Метод исследовании. Если к некоторому параллелепипеду неоднородному ползучему грунту мгновенно приложена нарастающая нагрузка, то деформации, отвечающие времени *t*, будет

$$\varepsilon_{ij}(x,y,z,t)=\frac{1}{\mathrm{E(x,y,z.t)}}\left\{\left(1-\mathrm{K}_{ij}^{*}\right)\left[(1+\nu)\sigma_{ij}(x,y,z.t)-\nu\theta(\mathrm{x,y,z,t})\delta_{ij}\right]\right\} \tag{1}$$

Решив это равенство относительно напряжения, находим

$$\sigma_{ij}(x,y,z,t)=\frac{\bar{E}(x,y,z,t)}{1+\nu}\left\{\left(1+\mathrm{R}_{ij}^{*}\right)\left[\varepsilon_{ij}(x,y,z.t)+\frac{\nu}{1-2\nu}\varepsilon_{kk}(\mathrm{x,y,z,t})\delta_{ij}\right]\right\} \tag{2}$$

Здесь x, y, z– произвольная точка деформируемой среды, координаты которой определяются тремя действительными числами трехмерного эвклидова пространства *E*. Принято обычное условие суммирования по повторяющимся индексам; свободные индексы принимают независимо от значения 1.2.3; - символ Кронекера;

$$K_{ij}^{*}\varphi(t)=\int_{\tau_1}^{t}\varphi(\tau)K_{ij}(\mathrm{x,y,z,\tau,t})d\tau;\quad R_{ij}^{*}\varphi(t)=\int_{\tau_1}^{t}\varphi(\tau)R_{ij}(\mathrm{x,y,z,\tau,t})d\tau; \tag{3}$$

$$K_{ij}(\mathrm{x,y,z,\tau,t})=E\ (x,y,z,t)\frac{\partial}{\partial\tau}\left[\frac{1}{E(\mathrm{x,y,z,t})}+C(x,y,z,\tau,t)\right];\ \mathrm{I=j} \tag{4}$$

$$R_{ij}(\mathrm{x,y,z,\tau,t})=G\ (x,y,z,t)\frac{\partial}{\partial\tau}\left[\frac{1}{G(\mathrm{x,y,z,t})}+\varpi(x,y,z,\tau,t)\right];\ \mathrm{i\neq j} \tag{5}$$

$$E_{11}(\mathrm{x,y,z,\tau})=E_{22}(x,y,z,\tau)=E_{33}(x,y,z,\tau)=E(\mathrm{,x,y,z.\tau});$$
$$E_{12}(\mathrm{x,y,z,\tau})=E_{23}(x,y,z,\tau)=E_{31}(x,y,z,\tau)=G(\mathrm{,x,y,z.\tau});$$
$$G(\mathrm{x,y,z,\tau})=\frac{E(\mathrm{x,y,z,\tau})}{2(1+\nu)} \tag{6}$$

$$C_{11}(\mathrm{x,y,z,\tau})=C_{22}(x,y,z,\tau)=C_{33}(x,y,z,\tau)=C(\mathrm{,x,y,z.\tau}); \tag{7}$$

$$C_{12}(\mathrm{x,y,z,\tau})=C_{23}(x,y,z,\tau)=C_{31}(x,y,z,\tau)=\omega(\mathrm{,x,y,z.\tau}); \tag{8}$$

R (x, y, z, τ, t) – резольвента ядра ползучести принимается постоянной, т.е. не от пространственных координат и времени.

Используя равенство (1), выражение для объемной деформации неоднородной ползучей среды можно представить следующим образом

$$\varepsilon_{\kappa\kappa}(x,y,z,t)=(1-2\nu)\left[\frac{1}{E(x,y,z,t)}-K^{*}\right]\theta(\mathrm{x,y,z,t}) \tag{9}$$

где

$$K^{*}\theta(x,y,z,t)=\int_{\tau}\theta(\mathrm{x,y,z,t})K(x,y,z,\tau,t)d\tau \tag{10}$$

Если иметь в виду общеизвестные зависимости

$$\varepsilon(x,y,z,t)=\frac{\varepsilon_0-\varepsilon(x,y,z,t)}{1+\varepsilon_0},\upsilon=\frac{\xi}{1+\xi},1-2\upsilon=\frac{1-\xi}{1+\xi}, \tag{11}$$

то объемные деформации ползучей земляной неоднородной среды через коэффициент пористости, после некоторых математических выкладок можно выразить так

$$\Delta\varepsilon(x,y,z,t)=\frac{\alpha_0(x,y,z,t)-\mathrm{K}^{\times}}{1+(\eta-1)\xi}\bar{\theta}, \tag{12}$$

где ζ- коэффициент бокового давления; ε- коэффициент пористости для исследуемого момента ε_0– коэффи-

циент мгновенного уплотнения; θ(t)- сумма главных напряжений; *n*– размерность рассматриваемой задачи;

Выражение вида (12) использовано в работах [1-5] для описания свойств ползучести изотропного однородного уплотняемого глинистого грунта, т.е. когда физико-механические свойства исследуемой среды считаются постоянными во всех направлениях.

При упругой уплотняемой среде изменение коэффициента пористости за некоторый момент времени, зависящее от суммы главных напряжений и параметров физико- механических свойств глинистых грунтов определим из выражений (12) опустив интеграл, входящий в него, т.е.

$$\Delta\varepsilon(x,y,z,t)=\alpha_0(x,y,z,t)\theta(x,y,z,t)/\left[1+(n-1)\xi\right] \tag{13}$$

Эта зависимость была использована в работах [1,3] при решении тех или иных задач механики уплотняемых пористых сред,

Необходимо отметить, что подинтегральная функция K (x, y, z, t) входящая в соотношение (12), согласно Н.Х. Арутюняну [6] запишется в виде

$$K(x,y,z,\tau,t)=\frac{\partial}{\partial\tau}\left[\frac{1}{E(x,y,z,\tau)}+C(x,y,z,\tau,t)\right] \tag{14}$$

$$C(x,y,z,\tau,t)=\varphi(x,y,z,\tau)\sum a_i(x,y,z,\tau)\left[1-e^{-\gamma_1(x,y,z,\tau)(t-\tau)}\right] \tag{15}$$

Здесь $\grave{\alpha}_i$ - параметры ползучести, зависящие от неоднородности земляной среды;

ϕ *(x, y, z, τ)* – функция старения, зависящая от физико-механических свойств уплотняемого грунта.

Эта функция в отдельных работах принята в виде:

$$\varphi(x,y,z,\tau)=C_0+\sum_{\kappa=1}^{\infty}\frac{A_\kappa}{\tau^\kappa}; \tag{16}$$

$$\varphi(x,y,z,\tau)=C_0+Ae^{-\gamma_0\tau}; \tag{17}$$

$$\varphi(x,y,z,\tau)=C_0/\left[1-\beta_0e^{-\alpha_0\tau}\right] \tag{18}$$

где величины C_0, A, - экспериментальные данные.

Результаты исследовании. Заметим, что выражение (12) можно привести и к другому виду отделив однородную часть деформирования от неоднородной части. Для этого соотношение (12) приводим к виду

$$\Delta\varepsilon=\frac{1}{\left[1+(n-1)\xi\right]}\left\{\left[\frac{a_0(t)-}{K_0^*}\right]\theta(x,y,z,\tau)+\right\}\alpha_0(x,y,z,t)+\left[\frac{a_0(x,y,z,t)-}{-a_0(t)-K_1^*}\right]\theta(x,y,z,\tau) \tag{19}$$

где

$$K_\Lambda^*(x,y,z,\tau,)=K(x,y,z,\tau,t)-K_0(\tau,t);$$

$$K_\Lambda^*\theta(x,y,z,\tau,)=\int_{\tau_1}^{t}\theta(x,y,z,\tau)K_1(x,y,z,\tau,t)d\tau, \tag{20}$$

где $\hat{E}_0(\tau,t)=\dfrac{\partial}{\partial\tau}\left[a_0(\tau)+C(\tau,t)\right]$ - ядро ползучести, соответствующее однородной среде;

$$K_1(x,y,z,\tau,t)=\frac{\partial}{\partial\tau}\left[a_0(x,y,z,\tau)-a_0(\tau)+C(x,y,z,\tau,t)-C_0(\tau,t)\right]$$

Пусть функции *a (x, y, z, τ)* и *C (x, y, z, τ, t)*, характеризующие упругомгновенную деформацию и деформацию ползучести скелета неоднородного грунта можно будет описать следующими математическими соотношениями

$$a_0(x,y,z,\tau)=a_0(\tau)\left[1+\alpha_н\eta(x,y,z)\right];$$

$$C(x,y,z,\tau)=C_0(\tau,t)\left[1+\beta_н\eta(x,y,z)\right]. \tag{21}$$

Здесь η *(x, y, z)* - функция, зависящая от пространственных координат и отражающая неоднородность уплотняемого грунта; α_i и β_i параметры неоднородности, характеризующие упругомгновенную и ползучую деформацию.

Тогда учитывая выражения (23) и (21) вместе (19) имеем

$$\Delta\varepsilon(x,y,z,t)=\frac{1}{\left[1+(n-1)\xi\right]}\left\{a_0(t)-K_0^*+\alpha_н\eta(x,y,z)\left[a_0(t)-\frac{1}{\chi_н}\Gamma^*\right]\right\}\theta(x,y,z,t), \tag{22}$$

где

$$\Gamma^*\theta(x,y,z,t)=\int_{\tau_1}\theta(x,y,z,\tau)\Gamma(\tau,t)d\tau,\ \chi_н=\alpha_н/\beta_н \tag{23}$$

$$\Gamma(z,t)=K_0(\tau,t)+(\chi_н-1)\frac{\partial a_0}{\partial\tau} \tag{24}$$

Выражение (24) в отличие от (4) при исследовании задач консолидации дает возможность быстро оценить влияние неоднородности на общее состояние уплотнения грунта.

В дальнейшем в качестве расчетной модели выбираем основную модель В. А. Флорина [7]. Согласно этой модели напряженное состояние грунтовой массы в предложении мгновенной ее консолидации математически можно выразить так:

$$\sigma^*+p^*=\sigma+p, \tag{25}$$

где σ^* – тензор напряжений, характеризующий напряженное состояние скелета грунта в предположении мгновенной консолидации. σ - тоже самое для момента времени *t,* δ^* *и p.* – соответствующие давления в воде.

Из (25) получаем

$$\sigma_{ij}=\sigma_{ij}^*-\delta_{ij}\left(\mathrm{p}-\mathrm{p}^*\right).. \tag{26}$$

На основании выражений (26) сумма главных напряжений в скелете грунта может быть представлена в виде

$$\theta=\theta^*-n\left(\mathrm{p}-\mathrm{p}^*\right)\quad \text{к=1,2,3;}\quad n=1,2,3. \tag{27}$$

Или в виде

$$\theta=\theta^*-n\gamma\left(\mathrm{H}-\mathrm{H}^*\right) \tag{28}$$

если учесть $p = \gamma H$.

Заключения. Таким образом, состояние скелета грунта могут быть описано одним из соотношений (25-26) в зависимости от реального условия уплотняемого грунта.

Тода анализируя основные уравнения консолидации земляных масс, представленные соответственно в декартовых и цилиндрических координатах, приходим к выводу, что можно их выразить одной формулой вида

$$\frac{\partial \varepsilon(x,y,z,t)}{\partial t} + \beta^1\left(1+\varepsilon_{cp}\right)\frac{\partial p(x,y,z,t)}{\partial t} = \frac{\left(1+\varepsilon_{cp}\right)}{\gamma_e} x$$
$$\left\{x^{-\alpha}\frac{\partial}{\partial x}\left(x^{\alpha}\frac{\partial p}{\partial x}\right) + \beta\frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \gamma\frac{\partial^2 p}{\partial z}\right\}. \quad (29)$$

Здесь δ=1,γ=1, α=0 соответствует трехмерным задачам, δ=1,γ=0, α=0 – двумерным; δ=0,γ=0, α=0 - одномерным; δ=1,γ=0, α=1 - осесимметричным, где α=*r. y=z*

Если пренебречь изменениям пористости среды и порового давления во времени *t* то из равенства (29) получим уравнения, описывающие распределения порового давления в начальный момент времени, т.е. имеем дело со стационарными задачами теории фильтрации. Эти уравнения запишутся следующим образом

$$\left\{x^{-\alpha}\frac{\partial}{\partial x}\left(x^{\alpha}\frac{\partial p}{\partial x}\right) + \beta\frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \gamma\frac{\partial^2 p}{\partial z}\right\} = 0 \quad (30)$$

Здесь величины α ,δ,γ принимают значения 0 или 1. Соответственно комбинируя их, получим уравнение, отражающее изменение порового давления по пространственным координатами в начальный период приложения внешней нагрузки для трехмерной, двухмерной, одномерной и осесимметричной задач уплотнения.

Далее решив уравнения (29) при (22) и решены краевые задачи механики неодродных слабых глинистых грунтов;

– установлено влияние неоднородности грунтов на процесс уплотнения глинистых грунтовых оснований;

– определено влияние ползучести уплотняемой среды на процесс консолидации земляных масс;

– даны расчетные формулы для вычисления порового давления, напряжений в скелете и осадок уплотняемого глинистого грунтового основания для различных случаев его нагружения;

– установлено влияние анизотропности по водопроницаемости грунтов на напряженно-деформированное состояние упругих и упругоползучих глинистых неоднородных грунтов.

Литература

1 Дасибеков А. Современные проблемы контактных задач механики и консолидации грунтовых основании. // Сб. трудов Международной научно-практической конференции «Приоритетные направления развития науки и образования: Будущее и Стратегия», Шымкент, 2012г.-С. 14-17.

2 Дасибеков А., Мирзокабилов С.М., Сейтказенова К.К., Абдрахманова К.Ш., Казтуганова Г.А. Контактная задача взаимодействия упругоползучей балки с упругоползучим неоднородным грунтовым основанием. Ж.Наука и образование Южного Казахстана, Шымкент, № 1, 2012г.

3. Дасибеков А., Юнусов А.А. Сайдуллаева Н.С., Юнусова А.А. Консолидация неоднородных упругих и упругоползучих грунтов. Archives of Applied, импакт – фактор 0,08 Ж. Современные проблемы образования и науки, Москва, № 5, 2012г.

4. Дасибеков А., Мирзокабилов С.М., Абжапбаров А.А., Абдрахманова К.Ш., Казтуганова Г.А. О старении упругоползучего грунта. Ж. Наука и образование Южного Казахстана, Шымкент, № 1, 2012г.- С.14-17.

5. Дасибеков А., Мирзокабилов С.М., Сейтказенова К.К., Абдраманова К.Ш., Казтуганова Г.А. Ханходжаева Г.Ш. Решения задач консолидации с учетом структурной прочности и неоднородности грунтов. // Сб. трудов Международной научно-практической конференции «Приоритетные направления развития науки и образования: Будущее и Стратегия», Шымкент, 2012г.-С. 17-20.

6. Арутюнян Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести. М.: Гостехиздат, 1952.–323 с.

7. Флорин В.А. Основное уравнение консолидации земляной среды //ДАН СССР.–1948.–Т.59.–С.21-24.

БИІК ҒИМАРАТТАРДЫ ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ САЛУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВО ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

PROBLEMS OF DESIGN AND CONSTRUCTION OF HIGH-RISE BUILDINGS

ДАСИБЕКОВ А., Д.Т.Н., ПРОФЕССОР, АКАДЕМИК КАЗ НАЕН, АЙМЕНОВЖ.Т., Д.Т.Н., ПРОФЕССОР, АКАДЕМИК КАЗ НАЕН,
АРАПОВ Б.Р., Д.Т.Н., ПРОФЕССОР, МЫРЗАЛИЕВ Д.С.,К.Т.Н.,ДОЦЕНТ, КАБЫЛБЕКОВ К.А., ПРОФЕССОР ЮКГУ ИМ.М.АУЭЗОВА, ЧЛЕН-КОРР. КАЗНАЕН

DASIBEKOV A., DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES, PROFESSOR, ACADEMICIAN KAZ NAYN, AIMENOV ZH.T., DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES, PROFESSOR, ACADEMICIAN KAZ NAYN, ARAPOV B.R., DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES, PROFESSOR, MYRZALIEV D.S, PH.D., ASSOCIATE PROFESSOR, KABYLBEKOV K.A., PROFESSOR OF M. AUEZOV SKSU, CORRESPONDING MEMBER TREASURY

Южно Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова

Аннотация. Серпімді және созылмалы серпімді толқынды біртекті емес топырақ механикасының математикалық модельдері әзірленді; серпімді және созылмалы серпімді толқынды топырақ негізін біріктірудің бір өлшемді, екі және үш өлшемді есептері шешілді. Бұл ретте: а) Бір өлшемді, екі және үш өлшемді объектілер үшін есептік схемалар орнатылды және дамыды; Б) тығыздалатын неоно текті емес серпімді және созылмалы серпімді топырақтар механикасының негізгі рұқсат беретін теңдеулері алынды; в) біртекті емес әлсіз топырақтар механикасының шеттік есептерінің конструктивтік шешімдері табылды.; г) екі фазалы топырақ негіздерінің балшықты тығыздау процесіне топырақтың біркелкі еместігінің әсері анықталды. д) топырақтың шашыраңқы және біртектілігі қасиеттерін бір мезгілде есепке алу уақыт бойынша тығыздалатын қабаттың шөгуін жақсы сипаттайтын жаңа сапалы нәтижеге әкеледі деп белгіленген; е) бу қысымын, қаңқадағы кернеуді және тығыздалатын су қаныққан сазды топырақ негізінің шөгуін, оны жүктеудің әр түрлі жағдайлары үшін есептеу үшін жаңа есептік формулалар берілген; ж) тығыздалатын ортаның жер массаларын шоғырландыру процесіне шөгінділігінің әсері анықталған.

Кілттік сөздер. механика-математика, модел, дефорциалану, біртектіемес, топырық, жылжымалы, анизотроптық, беріктілік, градиент, басым.

Abstract. Mathematical models of the mechanics of elastic and elastic-creeping inhomogeneous soils were developed; Solved one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional problems of consolidation of elastic and elastic-creeping soil bases. In this case: a) the design schemes for one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional objects are established and given; b) the basic resolving equations of mechanics of compacted neonorine elastic and elastocreeping soils were obtained; c) constructive solutions are found for boundary problems of mechanics of inhomogeneous weak soils; d) the effect of soil heterogeneity on the compaction process of clay two-phase soil bases is determined. e) it has been established that simultaneously taking into account the creep properties and heterogeneity of the soil leads to a new qualitative result that better describes the draft of the compacted layer in time; f) New computational formulas are given for calculating pore pressure, stresses in the skeleton and sediment of compacted water-saturated clay soil foundation for various cases of its loading; g) the influence of the creep of the compacted medium on the process of consolidation of earth masses is determined.

Keywords: mechanics-mathematics, model, deformation, heterogeneity, soil, creep, anisotropy, strength, gradient, head.

Современные проблемы контактных задач механики и консолидации грунтовых основании [1].

Разработанные математические модели механики упругих и упругоползучих неоднородных грунтов, а также механико-математические модели для расчета фундаментов с учетом упругих и упругоползучих свойств неоднородных грунтов дают возможности учитывать более реальные напряженно-деформированные состояния как грунтов, так и свайных фундаментов. Это обеспечить прочность оснований и долговечность сооружений и свайных фундаментов.

Данную задачу можно сформулировать следующим образом. Найти непрерывные функции $P_i(x, y, t)$, удовлетворяющие в области $G = \left(|x| = \ell,\ \ 0 < ó < h,\ \ t > \tau_1\right)$ системе дифференциальных уравнений ,

$$\frac{\partial^2 P_0}{\partial^2} + L(t)\frac{\partial P_0}{\partial} = N(t)\left(\gamma_1 + \frac{\partial}{\partial}\right)\left(\kappa_1 \frac{\partial^2 P_0}{\partial x^2} + \kappa_2 \frac{\partial^2 P_0}{\partial y^2}\right) \qquad (1)$$

$$\frac{\partial^2 P_n}{\partial^2} + L(t)\frac{\partial P_n}{\partial} = N(t)\left(\gamma_1 + \frac{\partial}{\partial}\right)\left(\kappa_1 \frac{\partial^2 P_0}{\partial x^2} + \kappa_2 \frac{\partial^2 P_0}{\partial y^2}\right) - F_{n-1}(x,y,t), \quad (2)$$

где

$$F_{n-1}(x,y,t) = \alpha_{II}\eta_0(x,y)\left[A(t)\frac{\partial^2 P_{n-1}}{\partial^2} + B(t)\frac{\partial P_{n-1}}{\partial}\right]. \quad (3)$$

начальным условиям:

$$\left.\frac{\partial P_0}{\partial}\right|_{t=\tau_1} + R(\tau_1)P_0(x,y,\tau_1) = N(\tau_1)\left(\kappa_1 \frac{\partial^2 P_0}{\partial x^2} + \kappa_2 \frac{\partial^2 P_0}{\partial y^2}\right) + R(\tau_1)\cdot(\theta^* + 2P^*), \quad 4)$$

$$P_0(x,y,\tau_1) = \frac{1}{\omega_{cp}}\left(\frac{\theta^*}{2} + P^*\right); \quad (5)$$

$$\left.\frac{\partial P_n}{\partial}\right|_{t=\tau_1} + R(\tau_1)P_n(x,y,\tau_1) = N(\tau_1)\left(\kappa_1 \frac{\partial^2 P_0}{\partial x^2} + \kappa_2 \frac{\partial^2 P_0}{\partial y^2}\right) - \Phi_{n-1}(x,y,\tau_1); \quad (6)$$

$$P_n(\tau_1) = 0$$

Функция $\Phi_{n-1}(x,y,\tau_1)$, входящая в (7) имеет вид: (7)

$$\Phi_{n-1}(x,y,\tau_1) = a\eta_0(x,y)\cdot\left[A(\tau_1)\left.\frac{\partial P_{n-1}}{\partial}\right|_{t=\tau_1} + \gamma^{-1}R(\tau_1)P_{n-1} - R(\tau_1)\frac{\theta^* + 2P^*}{2}\right] \quad (8)$$

и граничным условиям

$$\alpha^{(2)}\frac{\partial P_j}{\partial x_i} + \beta^{(2)}P_j = 0, \quad i = 1,2 \begin{cases} \alpha^{(2)} = 0 & при \quad y = h, \\ \beta^{(2)} = 0 & при \quad |x| = \pm\ell \\ & или \quad y = 0 \end{cases} \quad (9)$$

В начале определим решения уравнения (1) удовлетворяющие начальному (4) и граничным (9) условиям исследуемой задачи,

Оно в области $G = \{|x| < l, 0 < y < h, t > \tau_1\}$ имеет вид

$$p_0(x,y,t) = \frac{q}{\omega}\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=0}^{\varpi}\sum_{k=0}^{\infty} C_{ijk}e^{-r_{jk}(t-\tau_1)} \times \cos\frac{j\pi}{l}x\cos\frac{(2k+1)\pi}{2h}y, \quad (10)$$

где

$$C_{ijk} = (-1)^i G_{jk}\left[R(1-\omega) + C_{34}I^2{}_{jk} - r_{3-l,jk}\right] \quad (11)$$

Причем величина G_{jk} входящая в соотношение (11) применительно к рассматриваемой задачи находится из

$$G_{jk} = \frac{2}{h^2}\frac{(-1)^k(2k+1)\pi}{\alpha_{jk}^2(r_{2jk} - r_{1jk})}\frac{\sin\frac{j\pi a}{l}}{j\pi}$$

Для определения непрерывной функции $p_1(x,y,t)$ полученное соотношение (10) подставим в следующее системы (2) (4). Тогда функции $p_1(x,y,t)$ этого уравнения можно представить следующим образом

$$p_1(x,y,t) = \sum_{j=0}^{\infty}\sum_{k=0}^{\infty} V_{ik}^{(1)}(t)\cos\frac{j\pi}{l}x_1\cos\frac{(2k+1)\pi}{2h}x_2, \quad (12)$$

где

$$V_{jk}^{(1)}(t) = \frac{1}{r_{1jk} - r_{2jk}}\sum_{2-1}^{2}\{I_{jk}^{(1)}(r_1)(-1)^{3-l}e^{-r3_i,jk(m<\tau_1)} + \int {}'_{\tau_1}\Phi_{jk}^{(1)}(\tau)e^{-r_{3-i,jk}(t-\tau)d\tau}\} \quad (13)$$

Здесь величины $I_{jk}^{(1)}$ и $\Phi_{jk}^{(1)}$ соответственно имеют вид

$$I_{jk}^{(1)}(\tau_1) = -\frac{4i}{lh}\int_0^{\ell}\int_0^{h}\eta_0(x,y)\{A^{(2)}p_0(\tau_1) + \ldots{}_{в}^{-1}R^{(2)}(r_1)p_0(r_1) -$$

$$- R^{(2)}(\tau_1)\ldots{}_{в}^{-1}[G_{kk}^*(\tau_1) + 2p^*(\tau_1)]\}\cos\frac{j\pi}{l}x\cos\frac{(2k+1)\pi}{2h}ydx\,dy;$$

$$\Phi_{jk}^{(1)}(\tau_1) = -\frac{4i}{lh}\int_0^{l}\int_0^{h}\eta_0(x,y)\left[A^{(2)}\cdot p_0(x,y,\tau_1) + \mathrm{B}^{(2)}p_0(x,y,\tau_1)\right]\cos\frac{j\pi}{l}x\,\cos\frac{(2k+1)\pi}{2h}ydxdy$$

Причем коэффициенты $A^{(2)}$ $B^{(2)}$, $R^{(2)}$, входящие в эти соотношения вычисляются по следующим формулам

$$A^{(2)} = 2a^{(2)}a_0, \qquad B^{(2)} = 2a^{(2)}j_1(a_1 + a_0),$$

$$C_{2v} = kj_B^{-1}a^{(2)}(1+\varepsilon_{cp})(1+\varsigma), a^{(2)} = [\ 2a_0 + \beta^1(1+\varepsilon_{cp})(1+ \quad (14)$$

Выражения (14) включает в себе основные характеристики уплотняемого массива и оно полностью отражает физико- механическое свойства грунта.

Аналогично можно определить все искомые неизвестные $p_2(x,y,t)$, $p_3(x,y,t).p_{n-1}(x,y,t)/$ При этом для m – го приближения решение (2), удовлетворяющие начальным (4) и граничным (5) условиям, примет вид

$$p_m(x\ y,t) = \sum_{j=0}^{\infty}\sum_{k=0}^{\infty} V_{jk}^{(m)}(t)\cos\frac{j\pi}{l}x\ \cos\frac{(2k+1)\pi}{2h}y, \quad (15)$$

где

$$(V_{\text{к}}^{m})(t) = \frac{1}{r_{1jk} - rjk}\sum_{i=1}^{2}\{L_{\text{к}}^{(m)}(\tau_1)e^{-r_{3-i,\,k}} + \int_{\tau_1}^{t}\Phi_{\text{к}}^{(m)}(\tau)e^{r_{3-1,\,k}(t-1)}d\tau \quad (16)$$

Здесь $L_{(\text{к})}^{m}(\tau_1)$ и $\Phi_{\text{к}}^{(\ddot{u})}(\tau)$ соответственно находятся из следующих зависимостей

$$L_{jk}^{(m)}(\tau_1) = -\frac{4i}{lh}\int_0^{\ell}\int_0^{h}\eta_0(x,y)\left[A^{(2)}\frac{\partial p_{m-1}}{\partial t}\Big|_{t+\tau_1^*} j_{\text{B}}^{-1(\ )}p^{(2)}p_{m-1}(\tau_1) - R^*j_{\text{B}}^{-1}(G_{kk}^* + 2p^*\right]x$$

$$x\cos\frac{j\pi}{l}x\ \cos\frac{(2k+1)\pi}{2h}xdy;\Phi_{jk}^{(m)}(\tau) = -\frac{4i}{lh}\int_0^{\ell}\int_0^{h}\eta_0(x,y)\left[A^{(2)}\frac{\partial^2 pm-1}{\partial\tau^2} + \mathrm{B}^{(2)}\frac{\partial p_{m-1}}{\partial\tau}\right]\cos\frac{(2k+1)\Pi}{2h}y$$

(17)

Таким образом при помощи выражений (3) – (17) определяется решение уравнения (1) (3).

Далее имея в виду соответствующие выражения для $p_0(x,y,t), p_1(x,y,t)\ldots\ldots, p_{1,}(x,y,t),$ вычеслим давление в поровой жидкости неоднородной упругоползучей среды. При этом для $p(x,y,t)$ имеем

$$p(x,y,t) = p_0(x,y,t) + \alpha p_1(x,y,t) + \alpha^2 p_2(x,x,t) + \ldots{}.. + \alpha^m p_m(x,y\ t) \quad (18)$$

Здесь функции

$p_0(x,y,t), p_1(x,y\ t)\ldots\ldots, p_{1,}(x,y,t),$ соответственно находятся из (3), (5) (10).

После нахождения порового давления легко вычислить сумму главных напряжений и осадок слоя. Решение системы уравнений для трехмерного уплотнения. Требуется определить непрерывные функции $p_j(x,y,z.t)$, удовлетворяющие в области $G = \{|x| < l_{1,}|y < l_{2,}|0 < z < h, t > \tau_1\}$ при n=3 системе дифференциальных уравнений

$$\frac{\partial^2 p_0(x,y,z,t)}{\partial t^2} + \mathrm{B}^{(3)}p_0(x,y,z.t) = c_{3v}(\gamma_1 + \frac{\partial}{\partial t})\nabla^2 p_0; \quad (19)$$

$$\frac{\partial^2 p_1(x,y,z,t)}{\partial t^2}+\mathrm{B}^{(3)}p_1(x,y,z,t)=c_{3v}(\gamma_1+\frac{\partial}{\partial t})\nabla^2 p_1-f_0^{(2)}(x,y,z,t); \quad (20)$$

$$\frac{\partial^2 p_m(x,y,z,t)}{\partial t^2}+\mathrm{B}^{(3)}p_m(x,y,z,t)=c_{3v}(\gamma_1+\frac{\partial}{\partial t})\nabla^2 p_m-f_{m-1}^{(2)}(x,y,z,t); \quad (21)$$

с заданными m=1,2,3,…начальными условиями

$$\frac{\partial p_0}{\partial t}\Big|_{t=\tau_1}+R^{(3)}(\tau_1)p_0(x,y,z,t_1)=c_{3v}\nabla^2 p_0(x,y,z,\tau_1)+R^{(3)}(\tau_1)(\theta^*+2p^*); \quad (22)$$

$$\frac{\partial p_1}{\partial t}\Big|t=\tau_1+R^{(3)}(\tau_1)p_1(x,y,z,\tau_1)=c_{3v}\nabla^2 p_1(x,y,z,\tau_1)-\Phi_0^{(3)}(x,y,z,t); \quad (23)$$

$$\frac{p_m}{\partial t}\Big|t=\tau_1+R^{(3)}(\tau_1)p_m(x,y,z,\tau_1)=c_{3v}\nabla^2 p_m(x,y,z,\tau_1)-\Phi_{m-1}^{(3)}(x,y,z); \quad (24)$$

$$p_0(x,y,z,\tau_1)=\frac{1}{\omega}\left(\frac{\theta^*}{3}+p^*\right); \quad (25)$$

где

$$F^{(3)}{}_{m-1}(x,y,z,t)=I\eta_0(x,y,z)[A^{(3)}\frac{\partial^2 p_{m-1}}{\partial t^2}+\mathrm{B}^{(3)}\frac{\partial p_{m-1}}{\partial t}];$$

$$\Phi^{(3)}_{m-1}(x,y,z,\tau_1)=i\eta_0(x,y,z)[A^{(2)}\frac{\partial p}{\partial t}m-1\Big|_{t=\tau_1}+\gamma_b^{-1}R^{(2)}p_{m-1}-R^{(2)}{}_{-b}(\theta^*+2p^*)\} \quad (26)$$

и граничным

$$i^{(3)}\frac{\partial p_j}{\partial x_j}+i\beta^{(3)}{}_{i=1.2.3}p_i=0 \quad (27)$$

$$i^{(3)}=0 \quad \text{при} \quad z=h$$

$$\beta^{(3)}=0 \quad \text{при} \quad |x<l_1| \quad \text{или} \quad |y|<l_2 \quad \}$$

$$z=0$$

условиями.

В начале рассмотрим уравнение (19), решение которого удовлетворяет начальным (22), (25) и граничным (27) условиям.

Для случаев $a_o(t)=a_o=const,.(t)=const$ это решение получим в следующим виде

$$p_0(x,y,z,t)=\sum_{i=1}^{2}\sum_{m=0}^{\infty}\sum_{h=0}^{\infty}\sum_{k=0}^{\infty}v_{imnk}^{(0)}(t.\tau_1)\cos\frac{m\pi}{l_1}x\cos\frac{n\pi}{l_2}y\cos\frac{(2k+1)\pi}{2h}z$$

(28)

Здесь функция $v^{(0)}_{imnk}$ которая зависит от t,τ_1, т.е. от времени и момента приложения нагрузки находится из

$$V_{mnk}^{(0)}(t,\tau_1)=\frac{q}{\omega}a_{imnk}^{(a)}e^{-r_{3-i,mnk}(t-\tau_1)}[R^{(3)}(1-\omega)+$$

$$+c_{3v}\lambda^2{}_{mnk}-r_{3-i,mnk}]$$

Причем величины $a^{(0)}_{imnk}$ и λ^2_{imnk} входящие в (29) применительно к исследуемой задачи могут быть представлены так

$$a_{mnk}^{(0)}=\frac{4}{h^2}\cdot\frac{(-1)^k(2k+1)\pi}{\lambda^2{}_{mnk}(r_{2mnk}-r_{1mnk})}\cdot\frac{\sin\frac{m\pi a}{l1}}{m\pi}\cdot\frac{\sin\frac{n\pi в}{l_2}}{n\pi},\lambda^2_{mnk}=[\frac{m^2}{l_1^2}+\frac{n^2}{l^2{}_2}+\frac{(2k+1)^2}{4h^2}]\pi^2$$

(29)

Откуда для случаев m=0; n=0; m=0; и n=0 о соответственно имеем

$$2V_{0nk}^{(0)}=\lim_{m\to 0}V_{mnk}^{[0]} \quad 1\,2V_{mok}^{(0)}=\lim_{n\to 0}V_{mnk}{}^{(0)}; \quad 4V_{ook}^{(0)}=\lim_{\substack{m\to 0\\ n\to 0}}V_{mnk}{}^{(0)};$$

$$r^{(0)}_{1mnk},{}^{r}2mnk=0{,}5[B^{(3)}+c_{3v}\lambda^{2}{}_{mnk}\mp\sqrt{(B^{(3)}+c_{3v}\lambda^2_{mnk})^2-4c_{3v}\lambda^{2}{}_{mnk}}$$

(30)

Здесь коэффициент $B^{(3)}$, C_{3v}, $R^{(3)}$, $A^{(3)}$, входящие в состав выражений (19) – (30) вычисляются по следующим формулам

$$\mathrm{B}^{(3)}=3a^{(3)}...{}_1(a_0+a_1);c_{3v}=k...{}_{\mathrm{B}}^{-1}(1+E_{ep})(1+2....)a^{(3)}$$

$$R^{(3)}=3a_1...{}_1a^{(3)};A^{(3)}=3a^{(3)}a_0;a^{(3)}=[3a_0+\beta^1(1+\varepsilon_{cp})(1+\varsigma)]^{-1}$$

Эти соотношения включает в себе основные характеристики уплотняемого грунтового массива и полностью физико-механические свойства среды.

Аналогичным образом можно определить и все остальные искомы неизвестные $p(x,y,z,t)$, $p_2(x,y,z,t)$……. $p_{m-1}(x,y,z,t)$, При этом для j –го приближения решение уравнения (20), удовлетворяющее начальным (23) и граничным (27) условиям получим в вида

$$p_j(x,y,z,t)=\sum_{i=1}^{2}\sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{k=0}^{\infty}V_{mnk}^{(j)}(t,\tau_1)\cos\frac{m\pi}{l_1}x\cos\frac{n\pi}{l_2}y\cos\frac{(2k+1)\pi}{2h_3}z$$

(31)

Здесь функция $v^{(m)}_{imnk}$ зависящая от t и τ_1, т.е. от независимой переменной t и момента приложения нагрузки τ_1 находится из

$$V_{mnk}^{(j)}(t,\tau_1)=\frac{1}{r_{1ijk}-r_{2ijk}}\sum_{i=1}^{2}\{I_{mnk}^{(j)}(-1)^{3-i}e^{-r3-i,mnk(t-\tau_1)}++\int_{\tau_1}^{t}\Phi_{mnk}^{(j)}(\tau)e^{-r_{3-i}{}^{,mnk(t-\tau_1)}}$$

(32)

Причем величины $I^{(j)}_{mnk}$ и $\Phi^{(jdr1)}_{imnk}$, входящие в соотношение (32) примут вид

$$I_{mnk}{}^{(j)}(\tau_1)=-\frac{8i}{l_1l_2h}\int_0^{l_1}\int_0^{l_2}\int_0^{h}\eta_0(x,y,z)\left[A^{(3)}\frac{\partial p_{j-1}}{\partial t}|_{t=\tau_1}+...R^{(3)}p_{j-1}-\right]-$$

$$-R^{(3)}..{}_{\mathrm{B}}(G_{kk}^*+3p^*)]\cos\frac{m\pi}{l_1}x\cos\frac{n\pi}{l_2}y\cos\frac{(2k+1)\pi}{2h}zdxdyz$$

$$\Phi_{mnk}^{(j)}=-\frac{8i}{l_1l_2h}\int_0^{l_1}\int_0^{l_2}\int_0^{h}\eta_0(x,y,z)[A^{(3)}\frac{\nu^2 p_{J-1}}{\partial+2}\Big|_{t=\tau_1}+B^{(3)}\frac{\partial p}{\partial t}|t=\tau_1]\times$$

$$\times\cos\frac{m\pi}{l_1}x\cos\frac{n\pi}{l_2}y\cos\frac{(2k+1)\pi}{2h}zdx\,dy\,dz$$

(33)

После того как определено поровое давление уже можно легко вычислить сумму главных напряжений и осадку слоя грунта.

Аналогичным образом можно находить и решения для других случаев нагружения верхней поверхности уплотняемого массива.

Заключения. Метод возмущений является одним из эффективных методов для решения задач консолидации неоднородных упругополузчих грунтов. При этом он дает возможность отдельные нелинейные уравнения перевести в систему линейных.

Явления уплотнения водонасыщенных глинистых грунтов связаны с уменьшением объема пор. Следовательно, это явление сопровождается с удалением из пор грунта некоторого количества жидкости, находившейся в нем. Эти случаи оказывают существенное не-

благоприятное влияние на устойчивость оснований сооружений и земляных откосов.

Давление в поровой жидкости для плоской задачи меньше, чем для одномерной. В то же время характер изменения кривых как для порового давления, так и для осадка и напряжений в скелете грунта остаются такими же как для одномерного уплотнения. В настоящее время расчет осадки промышленных и гражданских сооружений, возведенных на водонасыщенных глинистых грунтах, особенно актуален, так как для таких видов грунтов осадка обусловлена только процессами ползучести.

Литература

1. Дасибеков А. Современные проблемы контактных задач механики и консолидации грунтовых основании. // Сб. трудов Международной научно-практической конференции «Приоритетные направления развития науки и образования: Будущее и Стратегия», Шымкент, 2012г.-С. 14-17.

НУКЕШЕВ С.О., КАКАБАЕВ Н.А.

Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина

ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗБРОСНОГО ПОДПОЧВЕННОГО ПОСЕВА СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Абстракт: Bul maqalada avtorlar astıq daqıldarınıñ egistik tuqımdarın jer qoynawı boyınşa egwdiñ qoldanıstağı konstrwktïvti-texnologïyalıq sxemalarına taldaw jasaydı. Osı negizde egin egwge deyingi daqıldardı biriktirip, taban men tıñaytqıştıñ bükil eni boyınşa birkelki egetin aşıq jerlerdi damıtw tuqımdardı keñinen jer astı egw procesin jetildirwdiñ perspektïvti bağıtı retinde qarastıradı.

Анотация: В данной статье авторы проводят анализ существующих конструктивно-технологических схем для подпочвенно-разбросного посева посева семян зерновых культур. На этой основе в качестве перспективного направления совершенствования процесса разбросного подпочвенного посева семян предлагают разработку сошников, обеспечивающих совмещение предпосевной культивации, равномерный сев на всю ширину лапы и внесение удобрений.

Abstract: In this article, the authors analyze the existing constructive-technological schemes for subsoil-wide seeding of sowing seeds of grain crops. On this basis, the development of openers, combining pre-sowing cultivation, uniform sowing over the entire width of the paw and fertilizer application, are promising as a promising direction for improving the process of widespread subsurface sowing of seeds.

Түйінді сөздер. Eginşilikti, dändi daqıldardı, egistikke deyingi daqıldardı egw, birkelki egw, agrotexnïkalıq talaptar, konstrwktïvti-texnologïyalıq sxema, zertxanalıq jäne dalalıq täjirïbeler, turaqtı egin egw.

Ключевые слова: Разработка сошников, зерновые культуры, предпосевная культивация, равномерный сев, агротехнические требования, конструктивно-технологическая схема, лабораторно-полевые эксперименты, устойчивый посев.

Key words: Development of coulters, grain crops, pre-sowing cultivation, uniform sowing, agrotechnical requirements, constructive-technological scheme, laboratory and field experiments, sustainable sowing.

Проведённый обзор конструктивно-технологических схем для подпочвенно-разбросного посева [1, 2, 3] показал, что перспективным направлением совершенствования процесса разбросного подпочвенного посева семян зерновых культур является разработка сошников, обеспечивающих совмещение предпосевной культивации, равномерный сев на всю ширину лапы и внесение удобрений.

Разрабатываемый сошник зернотуковой сеялки должен отвечать следующим агротехническим требованиям к посеву зерновых культур [4, 5]:

- заделка семян зерновых культур и минеральных удобрений в почву осуществляется на глубина 30-80мм;

-при формирований борозды для закладки семян влажные слои почвы не должны выносится на поверхность;

- борозда должна быть одинаковой глубины и иметь уплотнённое дно-ложе для семян;

- семена должны укладываться на одинаковую глубину и заделываться рыхлой и влажной почвой;

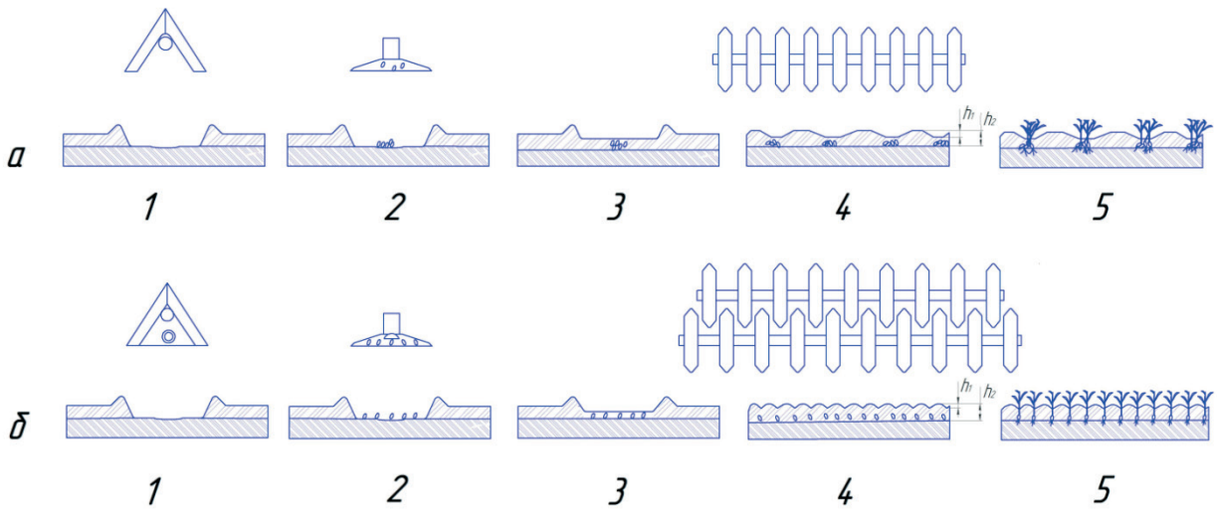
- допустимые отклонения глубины заделки семян до 5 см±0,7 см, свыше 5 см ±1,0 см;

-отклонение фактической нормы высева семян в отдельные рядки от расчетного среднего значения для зерновых культур не более ± 3%, нормы внесения удобрений±10%;

- дробление семян для зерновых не более 0,3%;

- количество семян заделанных в слой заданной глубины и в двух смежных с ним десятимиллиметровых горизонтах, не менее 80%;

- плотность почвы в зоне расположения семян 1,1-1,3 г/см^3;



а) обычный рядовой посев б) подпочвенно-разбросной посев

Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема работы сошника

- не допускается нагартывание почвы и пожнивных остатков перед рабочими органами;

- рабочие органы посевного агрегата не должны выносить на поверхность влажный слой почвы;

- ширина основных стыковых междурядий в пределах ширины захвата посевного агрегата должны быть одинаковой, их отклонение от заданного основного междурядья не более 10мм;

- не допускается посев огрехами;

- высота гребней и глубина борозд на поверхности после прохода посевного агрегата не более 30мм.

Для получения дружных и полных всходов зерновых культур посев следует проводить в оптимальные сроки и заделать не менее 80 % семян на требуемую глубину и во влажный слой почвы при одновременном внесении стартовой дозы удобрений. Засеянное поле выравнивают и при необходимости прикатывают уплотняющими катками.

Поле, обработанное по противоэрозионной системе, после посева должно иметь гребнистую ветроустойчивую поверхность с расположением гребней поперек или по горизонталям склона.

Агротехнические допустимые скорости движения агрегатов на посеве зерновых культур - до 2,3 м/с (до 8 км/ч), по стерневым фонам - до 2,0 м/с (до 7 км/ч).

Исходя из агротехнических требований к посеву зерновых культур предлагается конструктивно-технологическая схема работы сошника в комплексе с уплотняющими катками, рисунок 1.

Технологический процесс посева сошника зернотуковой сеялки включает следующие этапы:

1-сошник,заглубляясь в почву на заданную глубину, разрыхляя и подрезая сорняки, приподнимает верхний слой почвы и обеспечивает высев семян;

2- из зернотукового ящика семена и минеральные удобрения подаются через высевающее устройство по семя-тукопроводамв рассеиватель сошника и ударяются сверху об корпус верхней половины маятникового рассеивателя–полусферыи равномерно распределяется на ширину захвата стрельчатой лапы, рисунок 2;

3 - масса почвы перемещаясь назад по поверхности козырька и падая вниз, закрывает высеянные семена и минеральные удобрения;

4 - в последующем уплотняется двойными катками;

5 - появляются равномерные и дружные всходы семян.

При этом полное завершение технологического процесса для подпочвенно-разбросного способа посева зерновых культур зависит от правильности выбора уплотняющего катка, которая позволит добиться выравнивания поверхности поля с достаточным уплотнением верхнего слоя, что благоприятно сказывается на развитии растений.

Техническая задача заключается в снижении неравномерности распределения и в увеличении ширины высеваемой ленты семян зерновых культур и минеральных удобрений. Общеизвестно, что многим из вышеперечисленных агротехнических требований к посеву семян зерновых культур отвечает сошник стерневой зернотуковой сеялки СЗС-2,0. Анализ исследований этих сошников с разными конструктивными отличиями показали, что неравномерности распределения семян пшеницы по ширине захвата в зависимости от различных параметров распределителей превышают 44-45% [6]. Отсюда следует, что задача снижения неравномерности распределения семян зерновых культур или гранул минеральных удобрений является актуальной.

Для решения поставленной задачи предлагается новая конструкция сошника с маятниковым распределителем. Для обеспечения распределения семян зерновых культур или гранул минеральных удобрений в сошниках стерневых зернотуковых сеялок тип СЗС необходимо обеспечить пространство для полета семян или гранул. Для этой цели стрельчатая лапа содержит расположенный выше её режущих кромок козырёк, образующий вместе с внутренними боковыми стенками крыльев стрельчатой лапы закрытое подпочвенное пространство [7, 8]. Внутри подлапового пространства на шарнирно подвешенной скобе установлен маятниковый распределитель в виде полусферы. Ось вращения полусферы параллельна горизонтальной оси симметрии

шарнира подвески скобы и совпадает с направлением движения агрегата.

На рис. 2 представлен общий вид сошника в разрезе; на рис. 3 – разрез А-А; на рис. 4 представлена схема расположения семян и удобрений в почве при их внесении предлагаемым сошником.

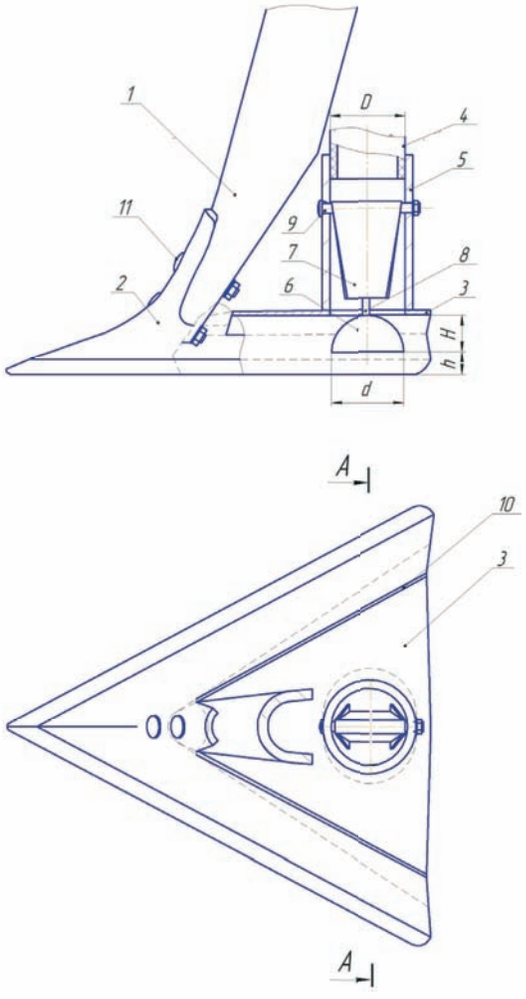


Рисунок 2 – Общий вид сошника для подпочвенно-разбросного посева

Сошник включает стойку 1 с закреплённой на ней с помощью болтового соединения 11 стрельчатой лапой 2. Стрельчатая лапа 2 содержит закреплённый на ней с помощью усиков 10, расположенный выше её режущих кромок, козырёк 3. Маятниковый распределитель 6 установлен внутриподлапового пространства на шарнирно подвешенной с помощью шплинта 9 скобы 7 и стержня 8.К верхней части жёсткого корпуса 5 семятукопровода присоединён тонкостенный эластичный семя-тукопровод 4.

Сеялка работает следующим образом. При движении трактора и сеялки по засеваемому участку поля, из зернотукового ящика семена и удобрения подаются по семя-тукопроводам в распределитель. При этом масса семян или гранул минеральных удобрений ударяется об вибрируемые за счет собственных колебаний скобы 7 и далее упорядоченно в виде кольца об маятниковую полусферураспределителя 6 и равномерно рассеивается по всей площади внутри образованного закрытого подпочвенного пространства, покрывая семенами и удобрениями всю ширину захвата стрельчатой лапы.В процессе движения сеялки стрельчатая лапа подрезает сорняки, разрыхляет землю, которая перемещаясь по поверхности козырька назад и падая вниз, покрывает высеянные семена и минеральные удобрения. В последующем весь проход уплотняется катками.

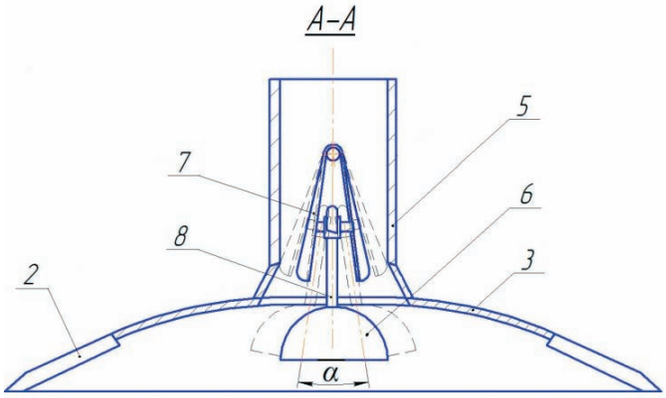


Рисунок 3 – Распределитель

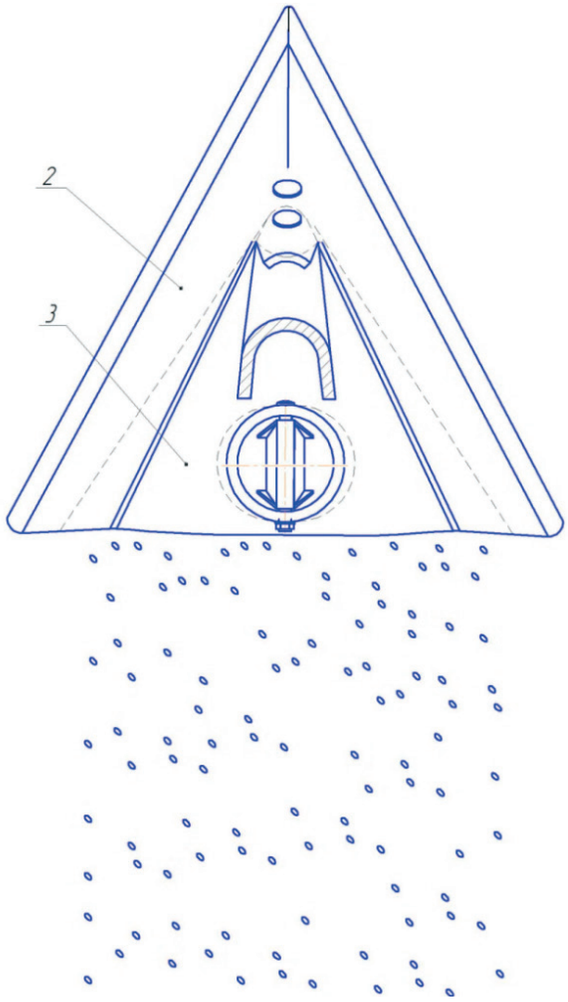


Рисунок 4 – Схема расположения семян и удобрений

В следствие этого устраняется взаимоугнетаемость зерен, увеличивается зона прорастания, появляются лучшие условия для роста и развития растения.

В результате свободного кущения стеблей, растения покрывают промежутки между смежными рядами высеянных семян, что позволяет эффективно использовать всю посевную площадь почвы. При этом повышается полевая всхожесть, приспособленность растений к уборке и уменьшается засоренность посевов, тем самым увеличивается урожайность зерновых на 18….25 процентов с одного гектара [9, 10].

Конструктивно-технологическая схема сошника разрабатывается к зернотуковым сеялкам типа СЗС-2,0, «Омичка» с условием сохранения ее компоновочной схемы. Основные конструктивные элементы сошника для посева семян зерновых культур и/или внесения гранулированных минеральных удобрений защищена инновационным патентом №29217 РК [11, 12].

Лабораторно-полевые эксперименты показали, что экспериментальный сошник обеспечивает устойчивый посев зерновых культур на глубину 5…6 см (более чем 80%) при скорости движения агрегата *V*=7..8 км/ч, что соответствует агротехническим требованиям для зерновых культур (±1,0 см), рисунок 5. Урожайность на опытных участках составила 13,7 ц/га, а на контрольном участке - 11,7 ц/га.

Рисунок 5 - Сеялка с экспериментальными сошниками

Применение сошника с маятниковым рассеивателем приводит к повышению качественных показателей работы и как результат - прибавке урожая в среднем на 1,5-2 ц/га. Годовой экономический эффект за счет прибавки урожая от применения сеялки с экспериментальными сошниками составил 835, 4 тыс. тенге.

Литература

1 Гужин И. А. Совершенствование технологического процесса распределения семян зерновых культур с обоснованием параметров сошника для подпочвеного разбросного посева: автореф. канд. техн. наук.-Пенза, 2003. -17 с.

2 Атнагулов Д. Т. Обоснование конструктивно-технологической схемы сошника и его параметров для полосового посева семян зерновых культур:авторефер.к.т.н.-Уфа, 2012.-22 с.

3 Какабаев Н.А., Шаханов А.А. Обоснование схемы работы устройства для расширенно - разбрасного посева зерновых культур. // Вестник ОмГАУ. Омск, 2012. №3 (7).С. 44-46.

4 Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. / ФГНУ «Росинформагротех». Москва,2005.-270 с.

5 Юнусов Г. С., Максимов И. И., Михеев А. В., Смирнов Н. Н. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие / Мар.гос.ун-т;-Йошкар-Ола. 2009.-152с.

6 Нукушева С.А. Обоснование технологических и конструктивных параметров сошника для разбросного подпочвенного посева семян зерновых культур: диссер...работа, канд. техн. наук.-Астана, 2010. -119 с.

7 Нукешев С.О., Романюк Н.Н., Какабаев Н.А. Совершенствование конструкции сошника для разбросного посева подпочвенного посева зерновых культур.// Материалах международной научно-практической конференции «Техническоеобеспечение инновационныхтехнологий в сельскомхозяйстве». БГАТУ, Минск,2016. С.66-70.

8 Нукешев С.О., Какабаев Н.А. Совершенствование конструкции сошника для разбросного посева подпочвенного посева зерновых культур.// Материалах XIV международной научно-практической конференции «Развитие науки в XXI веке»1 часть (16.06.2016) НИЦ «Знание», Харьков, 2016. С.70-74.

9 Heege H., Feldhaus B. “Site Specific Control of Seed-Numbers per Unit Area for Grain Drills”. // Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript PM 01 012. Vol. IV. December, 2002.

10 Пономарева О. А. Равномерность размещения семян по площади посева активным сошником.//Вестник Курганской ГСХА. № 2, 2014. С. 62-64

11 Инновационный патент 29217 РК. Посевной агрегат. /КАТУ им. Сейфуллина; опубл. 15.12.2014, бюл. №12. -4 с.: ил.

12 Какабаев Н.А., НукешевС.О., Карайванов Д. Сошник для разбросного посева семян зерновых культур.//IVInternationalscientificcongress «Agriculturalmachinery 2016». VolumeI: Agriculturalmachines. ISSN 1310-3946, ISSUE(16) 202 Varna, Bulgaria.22-25.06.2016. page70-72.

НУКЕШЕВ С.О., АБУЛХАИРОВ Д.К.

КАТУ им. С.Сейфуллина

МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ

Абстракт: Bul maqalada avtorlar jaña texnologïyanı äzirlew jäne mïneraldı tıñaytqıştardı naqtı şarwaşılıq jüyesinde dïfferencïaldı qoldanw üşin topıraq qunarlılığınıñ saqtalwın jäne joğarı tïimdilik pen tıñaytqıştardıñ ötelimdiligimen önimdiligin arttırwdı qamtamasız etetin

Анотация: В данной статье авторы обосновывают необходимость разработки новой технологии и создания автоматизированных технических средств для дифференцированного внесения минеральных удобрений в системе точного земледелия, обеспечивающих сохранение плодородия почв и повышение урожайности при высокой эффективности и окупаемости удобрений.

Abstract: In this article, the authors substantiate the need to develop new technology and create automated technical means for the differential application of mineral fertilizers in the precision farming system, ensuring the preservation of soil fertility and increasing yields with high efficiency and payback of fertilizers.

Түйінді сөздер.Dïfferencïaldı urıqtandırw, texnologïyalıq operacïyalar, texnïkalıq qural-jabdıqtar, egistik keşender, arnayı tıñaytqıştar, sebw maşïnaları, jumıssşı denelerdi tığızdaw.

Ключевые слова: Дифференцированное внесение удобрений, технологические операции, технические средства, посевные комплексы, специальные удобрители, высевающие аппараты, заделывающие рабочие органы.

Key words: Differential fertilization, technological operations, technical equipment, sowing complexes, special fertilizers, sowing machines, sealing up the working bodies.

Почвенно-климатические условия Казахстана позволяют производить зерно, которые особенно пользуются спросом на мировом рынке. Однако при возделывании зерновых культур в Казахстане снижается плодородие почв и урожайность из-за недостаточного уровня культуры земледелия, в том числе и технологии внесения минеральных удобрений [1,2].

В сельском хозяйстве на сегодня нет более эффективного и оперативного способа сохранения плодородия почв и повышения урожайности, чем внесение минеральных удобрений. Однако эффективность применения минеральных удобрений в значительной степени снижается из-за недостаточной равномерности их распределения по площади, обусловленной не только конструктивно-технологическими недостатками машин для внесения туков, но и использованием способа внесения усредненной дозы удобрений на все поле без учета внутрипольной вариабельности параметров исходного распределения их на участках поля. Для решения этой проблемы необходимо обеспечить внесение удобрений на одном и том же поле дифференцированно, с учетом исходного содержания их на каждом элементарном участке поля, т.е. нужен переход на более высокую ступень развития земледелия, которое принято называть точным земледелием [3,4].

Повышение эффективности применения минеральных удобрений и обеспечение экологической безопасности решается посредством использования ***технологии внутрипочвенного дифференцированного внесения удобрений***.

Дифференцированное внесение удобрений - технология внесения удобрений с учетом запаса питательных веществ на каждом элементарном участке (0,4-10 га) поля и потенциально возможной урожайности. Технологический процесс дифференцированного применения удобрений в системе точного земледелия представляет собой сложную систему, включающую набор технологических операций и технических средств. Основу системы точного земледелия составляют:

- банк данных об урожайности с.-х. культуры, истории применения удобрений, которые представляются в системе координат, жестко связанной с конкретным полем;

- программное обеспечение, позволяющее графически представлять полученную информацию, анализировать ее и принимать управленческие решения по необходимому воздействию на каждый из участков поля со своими координатами;

- технологии и автоматизированные технические средства для дифференцированного внесения средств химизации в принятой системе позиционирования.

Для применения технологии дифференцированного применения минеральных удобрений в системе точного земледелия хозяйствам необходимо иметь:

- результаты анализа почвенных проб;

- картограммы распределения основных элементов питания;

- разработанные электронные карты дифференцированного внесения удобрений - карты-предписания;

- технические средства, оснащенные системами контроля и управления технологическим процессом дифференцированного внесения удобрений. Для внутрипочвенного дифференцированного внесения удобрений можно использовать посевные комплексы или специальные удобрители.

Многолетние исследования во многих странах мира позволяют заключить, что дифференцированное внесение позволяет сэкономить 30-50% минеральных удо-

брений. Если предположить, что внесение удобрений будет 500 тыс. тонн в 100% действующего вещества (рис.1.), то применение технологии дифференцированного внесения в Казахстане позволило бы сэкономить по прогнозным данным более 200 тыс. тонн минеральных удобрений в 100% д.в., что составляет более 10 млрд. тенге или более 65 млн. у.е.

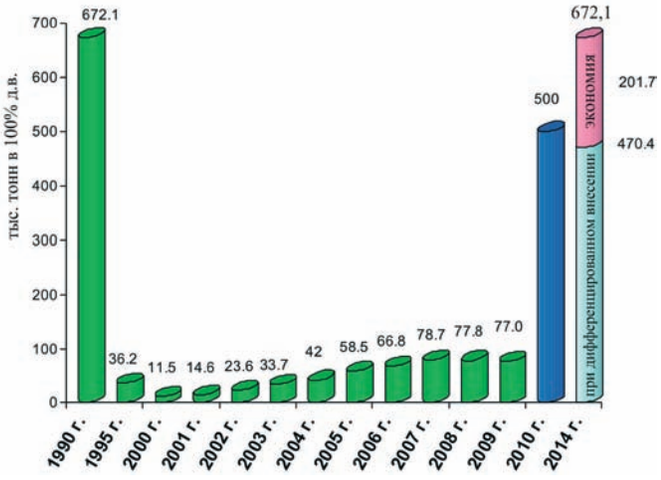


Рисунок 1 – Прогноз внесения минеральных удобрений в РК

В сельском хозяйстве нашей страны широкое применение технологий внутрипочвенного внесения ***основной дозы*** удобрений осуществляется медленно из-за отсутствия необходимой техники. На плоскорезах-глубокорыхлителях КПГ-2,2 и глубокорыхлителях-удобрителях ГУН-4, предназначенных для этой цели, высевающие аппараты не в полной мере выполняли агротребования по неравномерности и устойчивости высева, а заделывающие рабочие органы – по распределению удобрений по площади внутри почвы. В результате эти машины не нашли широкого применения в производстве [5,6].

В Послании народу Казахстана от 10 января 2018 года Президент Республики Казахстан Н.А.Назарбаев подчеркивая важность реализации комплексной программы «Цифровой Казахстан» и отмечая необходимость «*развития аграрной науки, обратил внимание «интеллектуальным системам внесения минеральных удобрений*» [7].

В рамках выполнения задач, поставленных в Послании в начале 2018 года КАТУ им.С.Сейфуллина был определен научно-методическим центром цифровизации сельского хозяйства и начал научно-методическое руководство процессами внедрения элементов точного земледелия в 9 базовых хозяйствах Акмолинской, Карагандинской, Костанайской и Северо-Казахстанской областей.

В первую очередь на опытных полях пилотных хозяйств был проведен отбор почвенных проб в конце апреля и в начале мая 2018 года. Результаты агрохимического анализа показали, что от 80 до 100 % площадей имеют низкую и очень низкую обеспеченность легкогидролизуемым азотом. По фосфору ситуация оказалось еще сложнее, от 92 до 100% площадей опытных полей имеют очень низкую и низкую обеспеченность. Надо учесть, что пилотные хозяйства считаются передовыми в своих районах и ежегодно вносили стартовые дозы минеральных удобрений во время посева. Анализ состояния некоторых полей пилотных хозяйств показал, что появляются лиманы на отдельных участках полей, где их никогда не было. Это свидетельствует об уплотнении почвы.

Выводы. Агрохимический анализ почв, в ряде хозяйств Северного и Центрального Казахстана, свидетельствует о резком снижении содержания основных питательных элементов - азота и фосфора, что влечет снижению количества и качества урожая.

Установлено, что без внесения основной дозы минеральных удобрений невозможно добиться оптимального уровня содержания элементов питания в наших полях. Одним из главных сдерживающих факторов решения этого вопроса является отсутствие необходимой техники для внутрипочвенного внесения основной дозы минеральных удобрений и рыхления почвы.

Следовательно, необходимость разработки новой технологии и создания автоматизированных технических средств для дифференцированного внесения минеральных удобрений в системе точного земледелия, обеспечивающих сохранение плодородия почв и повышение урожайности при высокой эффективности и окупаемости удобрений, является важнейшей научно-технической проблемой, требующей решения в кратчайшие сроки.

Список литературы

Нукешев С.О. Научные основы внутрипочвенного дифференцированного внесения минеральных удобрений в системе точного земледелия (монография). - Астана, 2011. – 358 с.

Eskhozhin D., Nukeshev S., Eskhozhin K., Karaivanov D. Stress Distribution in Soil under Action of Paraplow Ripper. Life Sci J 2014;11(2s):20-24. (ISSN:1097-8135).

Nukeshev S., Dzhadyger E., Gennady L., Karaivanov D., Zolotukhin E., Syzdykov D. Theoretical substantiation of the design of a seeding device for differentiated intra soil application of mineral fertilizers / Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis / V.64, №1. Mendel University in Brno, Czech Republic, 2016. - P.115-122.

Nukeshev S., Dzhadyger E., Karaivanov D. Determination of parameters of the main distributor for fertilizer applying machine / Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2014. - 20(No 6). - P.1513-1521.

Грибановский А.П., Бидлингмайер А.П. Комплекс противоэрозионных машин (теория, проектирование). – Алматы: Кайнар, 1990. – С.180-183.

6 Материалы второй международной конференции по самовосстанавливающемуся земледелию на основе системного подхода NO-Till, Днепропетровск, 2005. – 232 с.

Госпрограмма «Цифровой Казахстан» на 2018-2022 годы, утвержденная Указом Президента Республики Казахстан от 12.12.2017 года №827.

Н.Б. САРСЕНБАЕВ, А.Ж.АЙМЕНОВ, Б. К. САРСЕНБАЕВ, Ж..Т.АЙМЕНОВ, Г.Р. САУГАНОВА

Южно-Казахстанский Государственный Университет
им. М.О.Ауэзова г. Шымкент, Казахстан
Сообщество Колледжей Адена, г. Аден, Республика Йемен

ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВОВ ПРОДУКТОВ ГИДРАТАЦИИ БЕЗОБЖИГОВЫХ ЩЕЛОЧНЫХ ВЯЖУЩИХ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ШЛАКЕ

Известно, что в общем виде фазовый состав продуктов гидратации безобжигового щелочного вяжущего представлен низкоосновными гидросиликатами кальция, щелочными гидроалюмосиликатами, гидрогранатами и кальцитом [1-4].

Взаимодействие с водой. Известно, что металлургический шлак с водой практически не взаимодействует. Это подтверждается нашими исследованиями. На рентгенограмме шлака, затворенного водой и пропаренного в течение 8 часов отмечены только линии исходного шлака с d/n=1,48; 1,63; 1,96; 2,43; 2,79; 3,18 Å. Уменьшение интенсивности некоторых из них свидетельствует о слабом разрушении структуры исходного шлака (рисунок 1). полосы поглощения при 479, 982 и 3400 $см^{-1}$ свидетельствуют об образовании незначительного количества гидросиликатов кальция типа CSH(I), находящихся в аморфном состоянии. Физико-механические испытания показали, что прочность камня незначительна и составила всего 1,8 МПа.

При гидратации безобжиговых щелочных вяжущих (БЩВ) на основе металлургического шлака с добавкой природного волластонита затворенными растворами $Na_2O(SiO_2)$ фазовый состав новообразований после 28 суток твердения в соответствии с рисунком 1 а представлен низкоосновными фазами криптокристаллической структуры: гиролитом (d/n = 3,36; 3,15; 3,02; 2,52; 2,45; 2,25 Å) и пектолитом (d/n =5,6; 3,37; 3,21; 2,7; 2,36; 1,97Å).

На диференциально-термический анализ кривой в соответствии с рисунком 1 б появление экзоэффекта при 820 ºС и эндотермических эффектов при 140…180 ºС, 500…780 ºС обусловлено дегидратацией гиролита, а экзоэффекта при 860…880 ºС – дегидратацией CSH(I) и кристаллизацией β-CS. Смещение экзоэффекта в область повышенных температур объясняется высоким содержанием кальция в составе гидросиликатных фаз.

После тепловлажностной обработки (ТВО) при Т=95±5ºС в фазовом составе продуктов гидратации наряду с CSH(I) и тоберморитом отмечено присутствие ксонотлита C_6S_6H (d/n = 3,23; 3,0; 2,83; 2,72; 2,51 и 2,04 Å) (рисунок 2 а, б).

Образование низкоосновных тоберморитоподобных фаз подтверждается наличием на диференциально-термический анализ кривой экзоэффекта при 900 ºС и эндотермических эффектов при 90…120 ºС, 300…340 ºС, а ксонотлита – появлением эндоэффектов при 800…880 ºС.

При гидратации БЩВ на основе металлургического шлака с добавкой природного волластонита затворенным раствором Na_2CO_3 независимо от условий твердения в соответсвии с рисунком 1 а состав новообразований представлен CSH(I), гиролитом, пектолитом и $NaCa(CO_3)_2 \cdot 2H_2O$ (d/n = 4,92; 3,16; 2,88; 2,65; 2,57; 2,5; 2,02; 1,89; 1,82 Å).

На диференциально-термический анализ кривой в соответствии с рисунком 1 б отмечены слабые эндотермические эффекты при 740, 820, 960^{0}С, соответствующие дегидратации $CaCO_3$.

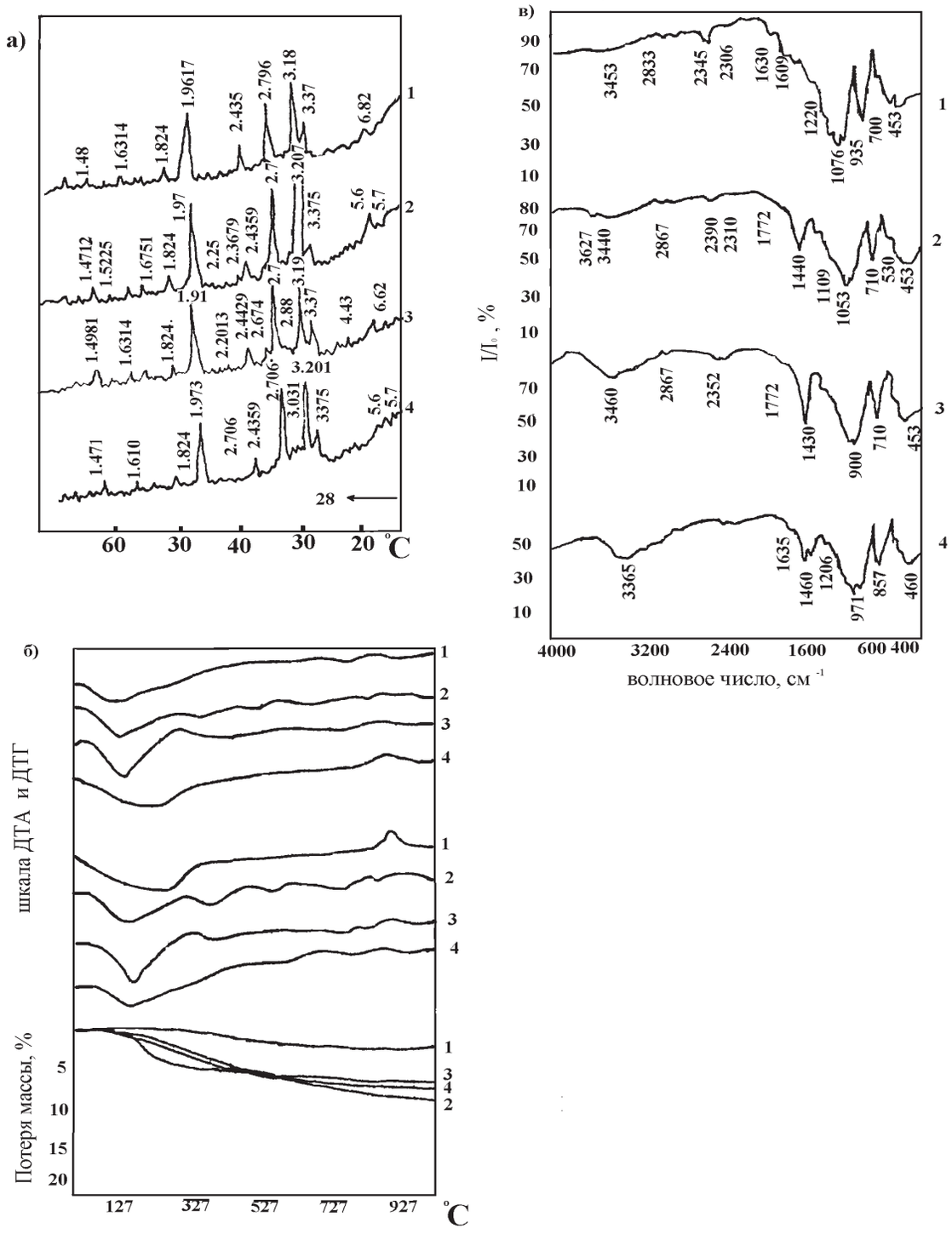
При гидратации БЩВ на основе металлургического шлака с добавкой природного волластонита затворенным раствором Na_2SiO_3 состав продуктов твердения представлен соединениями криптокристаллической структуры: CSH(I), гиролитом, пектолитом и тоберморитом. На инфракрасном спектрограмме появление низкоосновных гидросиликатов кальция подтверждается наличием полос поглощения при 3365, 1635, 1173, 1075, 997, 897, 524 $см^{-1}$. (рисунок 1 в).

На диференциально-термический анализ кривой в соответствии с рисунком 1 б основной эндотермический эффект дегидратации тоберморита при 128 ºС, сдвинут в сторону низких температур за счет внедрения в его состав ионов Na^+.

ТГМ- кривая не имеет резких переломов, потеря массы наблюдается в интервале температур 20…800 ºС. В составе продуктов дегидратации при температуре 1000 ºС отмечено преобладание β-CS и $\alpha - \tilde{N}$ при незначительном содержании $\tilde{N}a_2O \cdot CaO \cdot SiO_2$ в соответствии с рисунком 3.8 в. В процессе ТВО БЩВ на основе металлургического шлака с добавкой природного волластонита затворенного раствором Na_2SiO_3, наблюдается более четкая кристаллизация низкоосновных гидросиликатных фаз.

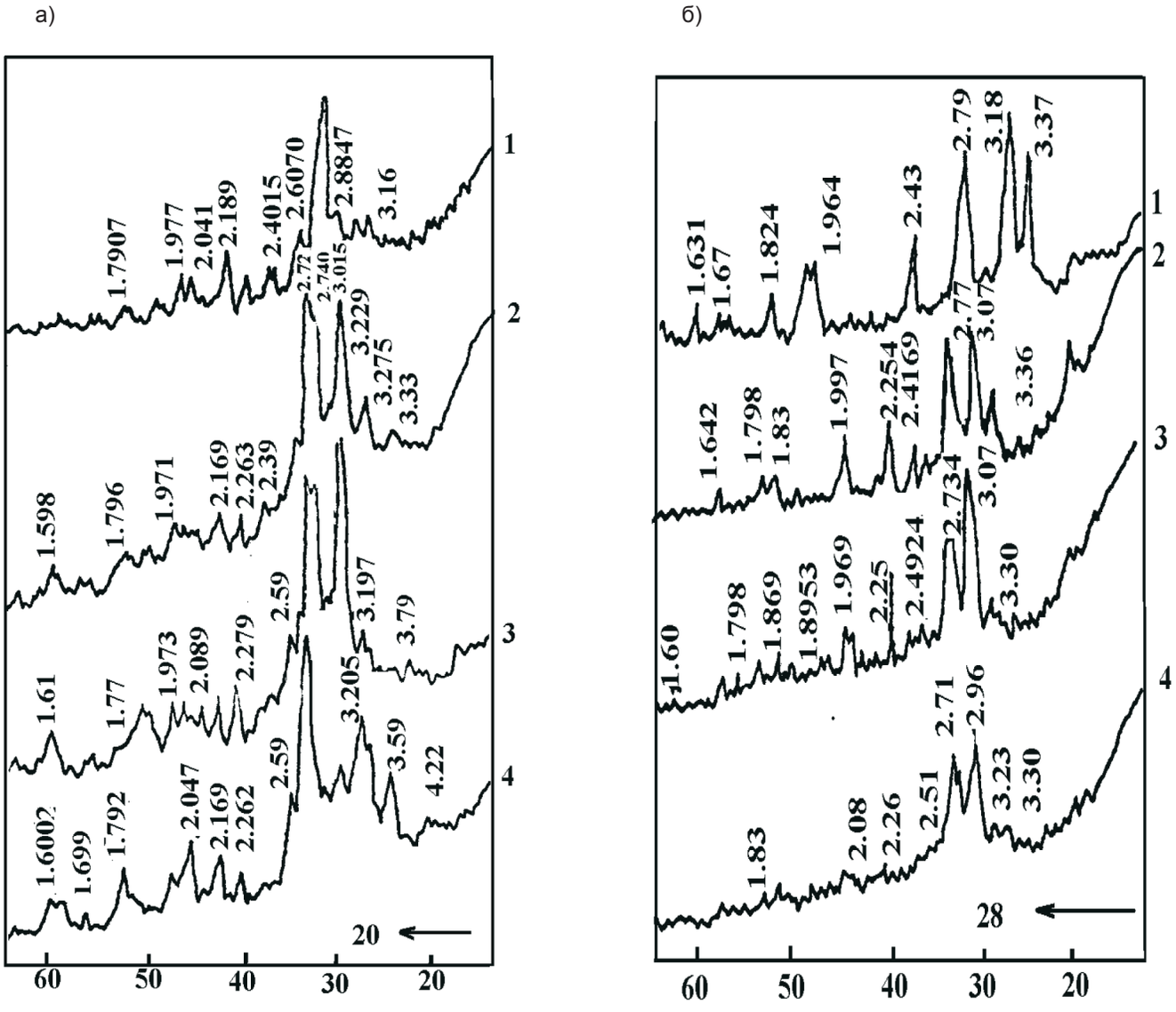
Анализ состава новообразований образцов БЩК на основе БЩВ с цеолит содержащей породой (ЦСП) к затворителем из соды. С введением ЦСП повышается общая закристаллизованность системы, содержание кальцита увеличивается, а тоберморита уменьшается. На рентгенограммах также обнаружены рефлексы,

прилежащие реликтовым минералам - клиноптилолит (d=9,009), кварц (d=4,252; 2,231; 2,126), полевые шпаты (d=3,273).



затворенного 1-водой; растворами: 2- $Na_2O(SiO_2)$; 3- Na_2CO_3; 4- Na_2SiO_3 (28 суток хранения в воде)

Рисунок 1 - Рентгенограммы (а), термограммы (б) и ИК- спектро -граммы (в) камня БЩВ на основе металлургического шлака с добавкой природного волластонита



затворенных: 1- водой; растворами: 2 - $Na_2O(SiO_2)$; 3 - Na_2CO_3; 4 - Na_2SiO_3 (тепловлажностная обработка при Т = 95 ± 5 °С по режиму 3+6+3+2)

Рисунок 2 -Рентгенограммы камня БЩВ на основе металлургического шлака с добавкой природного волластонита

Освобождающийся при гидратации из шлака кальций образует кальцита больше, чем тоберморита. Это объясняется тем, что, так как кальцит по сравнению с тоберморитом образует водные растворы с большей силой ионности, то кальцию предпочтительнее входить в структуру кальцита. А продукты деструкции под влиянием кристаллических затравок - цеолитсодержащих добавок образуют щелочной гидроалюмосиликатный гель. Как следует из литературных данных с введением ЦСП кристаллизация продуктов твердения камня БЩВ протекает с меньшей интенсивностью.По минеральному составу образцы камня БЩВ с ЦСП отличаются от бездобавочных большим содержанием кальцита, и меньшим тоберморита. Уменьшение содержания тоберморита, по всей вероятности происходит еще и по следующим причинам. Как показано Кривенко П.В.[5] при разработке БЩВ с данными свойствами, морфологически однородные с продуктами твердения БЩК гидратные соединения или безводные минералы (в нашем случае цеолиты, полевые шпаты) служат крентами для кристаллизации вторичных фаз. Наряду с этим, вероятно, интенсифицирует их выделение и вновь «обратный кристаллический кальцит, который может служить гетероэпитаксальной подложкой для образования как первичных (низкоосновных гидросилиткатов), так и вторичных фаз. А в присутствии родственных минералов клиноптилолита или NaX, полевых шпатов), энергетически более выгодно и понятно образование вторых. Поэтому уменьшается объем образующегося тоберморита, а цеолитоподобных продуктов, длительное время находящихся пылевидном состоянии, повышается. Вероятно, увеличение содержания последних, наряду с другими факторами, обуславливает повышенную прочность модифицированных систем, поскольку, когда система состоит из полуминералъных структурообразующих элементов, прочность ее тем выше, чем больше в ней родственных кристаллов высокопрочной структуры [6]. В нашем случае вторичных фаз - новообразований цеолитоподобной структуры. Вторичные фазы образуются преимущественно в поровом пространстве и, за-

полняя его, способствуют возникновению прочных кристаллизационных контактов с первичными фазами, обуславливая формирование более однородной и плотной структуры цементного камня [5].

Анализ состава новообразований образцов БЩК на основе БЩВ с ЦСП и затворителями из разного вида жидких стекол. Для образцов на силикатных затворителях характерно в целом закономерно меньшее содержание кальцита закономерно большее содержание тоберморита и соответствующих им коэффициентов (рисунок 3). Кристаллической фазы в зависимости от вида стекла образцах камня БЩВ на 8-16% меньше, чем на карбонате натрия. Образование кальцита, также как и при затворении раствором сульфата натрия, связана за счет вовлечения с воздухом углекислого газа при затворении и помол также в результате обменных реакций при взаимодействии шлака с силикатом натрия. Последние описаны Буттом Ю.М., Сычевым М.М., Тимашевым В.В. [7]. Под действием Na^+, выделяющегося из натриевого стекла, происходит коррозия шлакового стекла в результате ионного обмена типа $2Na^+ \leftrightarrow Ca^{2+}$. Это приводит к разрыву части связей -Si-O-Si в шлаковом стекле гидратации поверхностного слоя его частиц с образованием на них оболочек из геля кремневой кислоты и силикатов натрия. Раствор при этом образуется Ca^{2+}, Mg^{2+} и из него выкристаллизовываются $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, $CaCO_3$. Гелевидная оболочка на частичках шлака адсорбирует ионы Ca^{2+} из раствора и постепенно перекристаллизовывается в низкоосновные гидросиликаты кальция типа CSH с выделением NaOH в раствор. Выделившийся NaOH вновь вступает во взаимодействие со шлаком, разрушая его структуру. Одновременно с описанным процессом протекает и реакция $nNa_2O \cdot mSiO_2 \cdot pH_2O + xCa^{2+} + aq + yOH^- aq. \rightarrow xCaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O + NaOH$, приводит к выкристаллизовыванию гидросиликатов кальция из раствора. Среди элементов взаимодействия шлака с растворимым стеклом присутствуют гидрогранаты и гидроалюмосиликаты натрия. Избыточная Na_2O в затвердевшем камне карбонизуется.

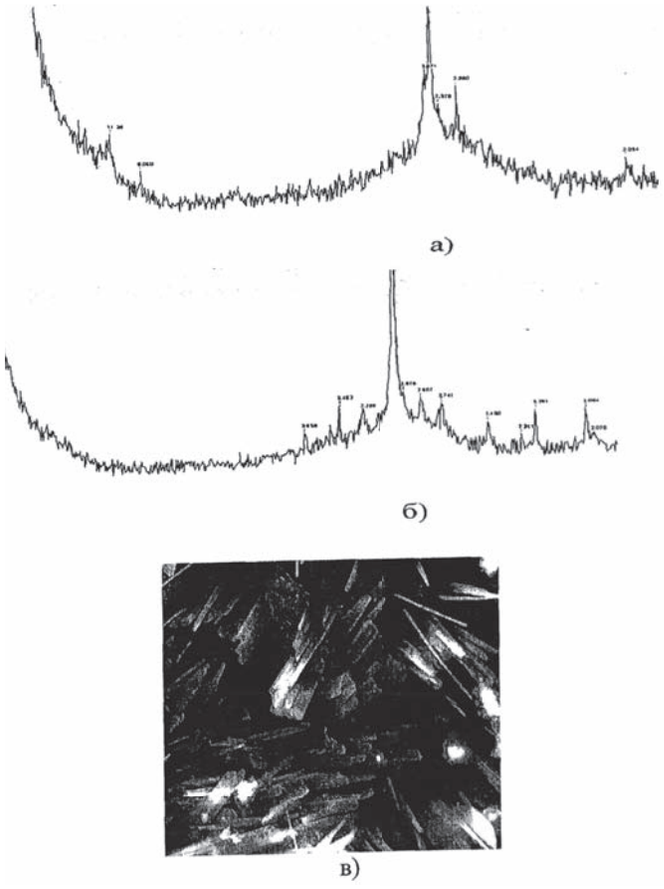


Рисунок 3 - Результаты исследования состава и структуры камня БЩВ на затворителях – жидких стеклах без добавки (а) и ЦСП (б) методами рентгенофазового анализа и (в) сканирующей электронной микроскопии (увел. Х5000)

Литература

1 Сатарин В.И. Шлакопортландцемент. Основной докл. Шестого Международного конгресса по химии цемента, Москва, 1974, С. 45-56.

2 Сатарин В.И., Сыркин Я.М., Френкель М.Б. Быстротвердеющий шлакопортландцемент, Москва, 1970, 152 с.

3 Будников П.П., Значко-Яворский И.Л. Гранулированные доменные шлаки и шлаковые цементы, Москва, 1953, 234 с.

4 Крыжановская И.А., Киряева Э.Е., Гальчинецкая Ю.Л. Применение электротермофосфорных шлаков в производстве цемента, Москва, 1978, 55 с.

5 Кривенко П.В. Синтез вяжущих с заданными свойствами в системе Me20-MeO-Me2Oз-SiO2-H20 : автореф. дис. ... докт. техн. наук / П.В. Кривенко. - К., 1986. - 40с.

6 Тимашев В.В. Твердение вяжущих веществ в присутствии кристаллических добавок различной структуры / В.В.Тимашев, А.С.Пантелеев // Строительные материалы. - 1961. - №12. - С.32-34.

7 Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов: учебник для вузов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев. - М.: Высш.школа, 1980. 472с.

САРСЕНБАЕВ Б.К., АЙМЕНОВ Ж.Т., САРСЕНБАЕВ Н.Б., АЙМЕНОВ А.Ж., АЛДИЯРОВ Ж.А., АЖИДИНОВ А.С.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АРБОЛИТОБЕТОНА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В КАЧЕСТВЕ УТЕПЛИТЕЛЯ В ТРЕХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С МОНОЛИТНО-СВЯЗАННЫМИ СЛОЯМИ

Современное строительство невозможно представить без железобетонных конструкций, наиболее массовыми из которых являются ограждающие конструкции. С развитием общества изменяются и требования к ограждающим конструкциям. В связи с невосполнимостью запасов энергоресурсов постоянно повышаются требования к ограждающим конструкциям в направлении повышения их термического сопротивления с целью экономии энергозатрат при эксплуатации зданий и сооружений. Сегодня уже традиционные однослойные конструкции будь то легкобетонные, кирпичные, деревянные и ячеистобетонные не удовлетворяют современным теплотехническим и экономическим критериям и постепенно вытесняются конструкциями нового поколения с высокими теплозащитными свойствами – трехслойными панелями.

В последние годы в качестве альтернативы трехслойным конструкциям с гибкими связями, которые обладали рядом недостатков, предложена новая разновидность трехслойных конструкций с теплоизоляционным слоем из легких бетонов. Несущие слои их изготавливают из тяжелых бетонов классов по прочности на сжатие В7,5 и выше, а утепляющий слой из конструкционно-теплоизоляционных бетонов классов В 1…3,5, такие как керамзитобетон, крупнопористый бетон, перлитобетон, арболитобетон, средняя плотность которых составляет 400-800 кг/м^3.

С целью изучения физико-механических свойств арболитобетона были проведены экспериментальные исследования.

В качестве заполнителя для арболитобетона использовались стебли хлопчатника. Размеры частиц по длине составляли не более 40, по ширине 10 и по толщине 5 мм. В качестве вяжущего использовали цемент М 400 активностью 28 МПа. Для регулирования объема вовлеченного воздуха в бетонную смесь среднего слоя использовали воздухововлекающую добавку СДО (смола древесная обмыленная по ТУ 13-05-02-83) в количестве 0,25 % от веса цемента.

Составы опытных балок и контрольных образцов к ним приведены в таблице 1.

Таблица 1. Составы бетонов опытных образцов

Фактические расходы материалов на 1 м^3 бетонной смеси			
Цемент, кг	Арболит, кг	Хим. добавка (кальций хлористый-технический), кг	Вода, л
300	220	10	450

Испытаны четыре серии образцов по три в штуки в каждой серии в виде кубов с ребром 15 см для определения кубиковой прочности и призм размером 10х10х40 и 15х15х60 для определения призменной прочности, начального модуля упругости, коэффициента Пуассона, деформаций усадки и прочности на растяжение из арболитобетона прочностью на сжатие 1МПа и средней плотностью 500 кг/м^3.

Образцы испытывали по ГОСТ 10180-78 «Бетоны. Методы определения прочности на сжатие и растяжение», ГОСТ 24452-80 «Бетоны. Методы определения призменной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона», ГОСТ 24544-81 «Бетоны. Методы определения усадки и ползучести» и рекомендации НИИЖБ «Методические рекомендации по определению основных механических свойств бетона при кратковременном и длительном нагружении».

Для измерения продольных и поперечных деформаций призм размером 15х15х60 использовали индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм на базе соответственно 400 и 120 мм. Перед испытанием образцы центрировали по физической оси. На каждой ступени

Таблица 2. Кубиковая и призменная прочность, МПа

Кубиковая прочность, R_m		Призменная прочность					
		На сжатие R_b			На растяжение R_{bt}		
Одного	Среднее	Одного	Среднее	R_b/R_m	Одного	Среднее	R_{bt}/R_m
1,01	1,04	0,76	0,78	0,75	0,28	0,26	0,25
1,07		0,81			0,26		
1,04		0,79			0,24		

По результатам испытания отношение призменной прочности к кубиковой для арболитобетона находится в пределах 0,74-0,75 (рис. 1).

нагрузку выдерживали 4-5 мин, снимая отчеты по приборам в начале и в конце выдержки. В торцах призм, испытанных на растяжение, перед испытанием приклеивали эпоксидным клеем закладные детали для передачи на них нагрузки.

Деформации усадки определяли на призмах размером 10х10х40 см. Продольные деформации усадки измеряли переносным индикатором часового типа с ценой деления 0,01 и базой 250 мм. Наиболее интенсивно усадка образцов прояивлась в первые 70-80 суток, за которые ее деформации достигли 60-70%. К возрасту 200 стуок деформации практически прекратились.

Прочностные свойства арболитобетона привеены в таблице 2. При этом среднее значение кубиковой и призменной прочности образцов получены по среднему арифметическому значению каждого образца в серии.

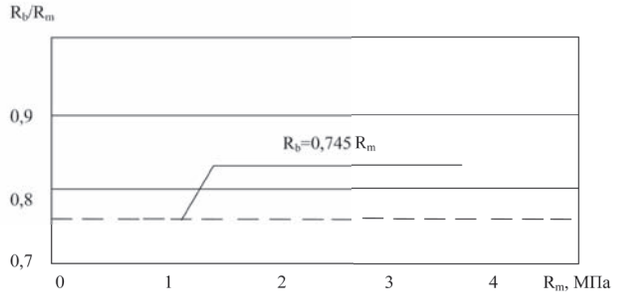


Рис. 2.6 Прочностные свойства арболитобетона

Принятая зависимость призменной прочности от кубиковой, установленная по многочисленным испытаниям различных видов тяжелых и легких бетонов имеет вид:

$$R_b = R_m(0.77 - 0.001R_m) \quad (1)$$

но не менее 0,72.

Согласно этому выражению коэффициент призменной прочности для малопрочных бетонов получится равным 0,77, снижаясь с ростом прочности бетона до 0,72.

В СНиП 2,0301-84* коэффициент призменной прочности не представлен какой-либо зависимостью, но по табличным результатам он колеблется в пределах 0,744-0,80 в зависимости от класса бетона, что близко для арболитобетона.

Отношение прочности при осевом растяжении к кубиковой для испытанных образцов из арболитобетона составляет 0,25 . Эти результаты согласуются с данными для легких бетонов низкой прочности, полученными другими исследователями. Если принять, как это рекомендуется в работе [1], что прочность на растяжение пропорциональна кубическому корню из квадрата кубиковой прочности:

$$R_{bt} = K_1 \sqrt[3]{R_m^2}\ , \quad (2)$$

то значение коэффициента K_1 для наших опытов равно 0,199, это меньше, чем в работе [2], где К=0,233, но близко к табличным значеним СНиП 2.03.01-84*. По таблице 12 для легких бетонов на пористом песке (К=0,2).

Деформативные своства арболитобетона приведены в таблице 3.

Таблица 3. Деформативные свойства арболитобетона

Кубиковая прочность R_m	Начальный модуль упругости E_b	Деформация сжатия перед разрушением ε_b	Деформация растяжения перед разрушением ε_{bt}	Усадка ε_{shr}	Коэффициент ν
1.04	530.0	3.12...3,25	2,3...2,5	5,1	0,2

Начальный модуль упругости арболитобетона прочностью 1МПа определен при напряжениях, равных 25% от разрушающих, и составлял 530-540 МПа .

В основу нормирования начального модуля упругости бетонов на пористых заполнителях в работах [3, 4, 5] положена зависимость, принятая из условия пропорциональности модуля упругости произведению средней плотности бетона на кубический корень из кубиковой прочности:

$$E_b = K_2 \gamma_b \sqrt[3]{R_m} \quad (3)$$

где: γ_b - средняя плотность бетона, в т/м^3.

В действующих нормах для легких бетонов средней плотностью 800-1800 кг/м^3 коэффициент K_2 колеблется в пределах 3493 – 3770. По результатам статистической обработки материалов многочисленных исследований по бетонам на пористых заполнителях в работе [5] рекомендовано принимать коэффициент K_2 равным 1450, что в 2,5 раза меньше, чем предусмотрено в нормах. Для арболитобетона средней плотностью 500 кг коэффициент K_2 равен 1100.

Коэффициент поперечных деформаций арболитобетона по результатам испытания призм составил 0,2, что совпадает с данными СНиП 2.03.01-84.

Замеренные значения сжимаемости и растяжимости арболитобетона соответственно – 3,12 – 3,33 и 2,3- 2,7 мм/м. Результаты показывают, что арболитобетон имеет большую деформативность, чем тяжелый бетон или керамзитобетон, в которых в среднем эти величины (ε_b и ε_{bt}) равны соответственно 2 и 0,15 мм/м. В основном, это есть следствие низких значений модуля деформаций заполнителя бетона – стеблей хлопчатника.

Реально с учетом ниспадающей ветви диаграммы «α - ε» деформативность арболитобетона существенно выше.

По результатам испытания призм из арболитобетона значения естественной усадки в возрасте 120 суток составляли – 4,8-5,1 мм, что существенно превышает усадку тяжелого бетона и керамзитобетона.

Полученные экспериментальным путем физико-механически свойства арболитобетона позволят проектировать более надежные трехслойные железобетонные конструкции с монолитно связанными слоями с утеплителем из арболитобетона

Литературы

Залесов А.С. Прочность наклонных сечений. В кн.: Новое в проектировании железобетонных конструкций (материалы семинаров МОНТП) – М.1974

Мазалов А.И., Кричевская Е.И., Чаплицкая В.Л. Железобетонные крыши многоэтажных жилых зданий (обзорн. инф.). ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре. – М., 1982, вып. 8. Конструкции жилых и общественных зданий. 64 с.

Король Е.А., Прочность, трещиностойкость и деформации трехслойных железобетоннных элементов монолитного сечения. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: 1989, 21 с.

Милых Т.И. Конструкционно-теплоизоляционный полистиролбетон. – Бетон и железобетон. 1988, №10, с. 11-13

Новое в проектировании бетонных и железоетонных конструкций / под ред. А.А. Гвоздева. – М.: Стройиздат, 1978, с. 142

Уважаемый Ахан Хусаинович!

От имени Казахстанской Национальной академии естественных наук и от себя лично сердечно поздравляю Вас с 70-летием со дня рождения.

За этот период благодаря целеустремленности и трудолюбию Вы прошли путь от инженер-механика завода до государственного и общественного деятеля, Председателя Комитета по социально-культурному развитию Сената Парламента Республики Казахстан, снискав авторитет и уважение в обществе.

При этом знания и богатый жизненный опыт, полученный в партийных и исполнительных органах города Алматы, Вы в полной мере использовали для создания основ законодательной системы и политических наук молодого суверенного Казахстана.

Особо следует отметить Ваш личный вклад в совершенствование законодательной базы страны в сфере науки и инноваций. Об этом свидетельствует своевременное принятие законопроекта «О коммерциализации результатов научной и (или) научно-технической деятельности», рассмотренного на расширенных заседаний Президиума КазНАЕН с участием депутатов Парламента Республики Казахстан.

Также необходимо подчеркнуть, что в настоящее время деятельность руководимого Вами Института философии, политологии и религиоведения, приобретает особое значение, как важной научной организации в области общественно-гуманитарных наук, способной дать ответы современным вызовам.

Уверены, что Ваша деятельность в качестве члена Президиума КазНАЕН и в дальнейшем будет способствовать развитию академии и расширению его интеграционных связей в научно-образовательной сфере.

От души желаем Вам, Ахан Хусаинович, крепкого здоровья, семейного благополучия, неиссякаемой энергии, успешной творческой деятельности на благо народа Казахстана.

Президент
Казахстанской Национальной академии
естественных наук — *Н. Абыкаев*

Уважаемый Алихан Мухамедьевич!

От имени Казахстанской национальной академии естественных наук и от себя лично искренне поздравляю Вас с 60-летием со дня рождения!

Знания, полученные в стенах Карагандинского политехнического института и научные достижения в сфере технических наук в последствии были успешно применены Вами для создания новой системы социальной политики и государственной службы Республики Казахстан.

За этот период жизни благодаря целеустремленности и трудолюбию Вы смогли пройти путь от преподавателя до руководителя государственных органов, снискав авторитет и уважение в обществе.

Приятно также отметить важность Вашей деятельности в качестве члена Президиума КазНАЕН, что, безусловно, будет способствовать расширению интеграционных связей и достижению качественных параметров работы академии.

Не сомневаемся, что Ваш богатый опыт политической и общественной деятельности будет способствовать успешному решению задач и реализации стратегических планов Комитета Регионального хаба ООН в сфере госслужбы.

От души желаем Вам, крепкого здоровья, семейного благополучия, неиссякаемой энергии, успешной творческой деятельности на благо народа Казахстана.

Президент КазНАЕН **Н. Абыкаев**