

Научно-практический сетевой журнал
Выходит 2 раза в год

Учредитель и издатель
Пензенский государственный
университет архитектуры
и строительства

Главная редакция:
В.А. Береговой (главный редактор)
Б.М. Гришин (заместитель
главного редактора)
И.Ю. Шитова (ответственный секретарь)

Адрес редакции:
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28,
ПГУАС
Тел/факс 8412 420501
E-mail: techbeton@pguas.ru
www.vestnikpguas.ru

Редакторы: М.А. Сухова,
Н.Ю. Шалимова

Дизайн обложки Л.А. Васин

Компьютерная верстка
Н.А. Сазонова

Перевод О.В. Гринцова

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации
Эл № ФС77-61513 от 24 апреля 2015 г.

Авторы опубликованных материалов
несут ответственность за достоверность
приведенных сведений, точность данных
по цитируемой литературе и за исполь-
зование в статьях данных, не подлежа-
щих открытой публикации.

Редакция может опубликовать статьи
в порядке обсуждения, не разделяя точку
зрения автора.

ВЕСТНИК ПГУАС: СТРОИТЕЛЬСТВО, НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ 2(15)/2022

Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА.....	3
Береговой В.А., Лавров И.Ю., Шурыгин И.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СУПЕРАБСОРБИРУЮЩИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ РАСТВОРОВ ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ.....	3
Береговой В.А., Христов А.А., Шурыгин И.С. РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ ОБОЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ТЕХНОЛОГИИ ДЕКОРАТИВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	8
Глухов В.С., Гаврилов П.К. ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРУЖЕНИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ СВАЙ В ПРОБИТЫХ СКВАЖИНАХ	13
Кислицына С.Н. ВРЕМЕННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ	19
Тарасеева Н.И., Грачева Ю.В., Ходакова А.А., Крылов А.С., Моршанкин В.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕСЧАНОГО ГРУНТА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.....	25
Хвастунов А.В., Махамбетова К.Н., Хвастунов В.Л., Боченков И.С. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОПЫТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ДОРОЖНЫХ ПЛИТ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ.....	34
СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ	39
Макарова Л.В., Давлатов А.С. МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ АНАЛИЗА КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	39

Холькина О.С., Максимова И.Н.
 ПРОВЕДЕНИЕ КАРТИРОВАНИЯ ПОТОКА
 СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ С
 ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА
 ХРОНОМЕТРАЖА..... 47

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ59

Устинов В.В., Шитова И.Ю., Кислицына С.Н.
 ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
 МЕЛАССЫ В КАЧЕСТВЕ СВЯЗУЮЩЕГО
 ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ БИОТОПЛИВА 59

**Шурыгин И.С., Самошин А.П.,
 Малашкина С.А.**
 ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫБОРА
 ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ И
 РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРИ
 ФРЕЗЕРОВАНИИ ДЕТАЛЕЙ
 ЭЛЕКТРОГИТАРЫ НА СТАНКЕ С ЧПУ.. 63

Contents

CONSTRUCTION. ARCHITECTURE ..3

Beregovoy V.A., Lavrov I.Yu., Shurygin I.S.
 ANALYSIS OF SUPERABSORBENT
 AND MINERAL ADDITIVES EFFECT
 ON THE SURFACE TENSION OF
 HYPERPLASTICIZER SOLUTIONS 3

Beregovoy V.A., Hristosov A.A., Shurygin I.S.
 RECYCLING OF SLAUGHTER
 PRODUCTION WASTE IN THE
 TECHNOLOGY OF DECORATIVE
 BUILDING MATERIALS 8

Glukhov V.S., Gavrilov P.K.
 THE EFFECT OF PRELOADING ON THE
 BEARING CAPACITY OF PILES IN
 PUNCHED HOLES..... 13

Kislicina S.N.
 TIME DEPENDENCES OF THE STRENGTH
 OF POLYMER COATINGS 19

**Taraseeva N.I., Gracheva Yu.V., Khodakova A.A.,
 Morshankin V.A., Krylov A.S.**
 DETERMINATION OF THE INFLUENCE
 OF DEFORMATION CHARACTERISTICS OF
 SANDY SOIL ON THE TECHNOLOGICAL
 AND OPERATIONAL PARAMETERS OF
 THE ROADBED 25

**Khvastunov A.V., Makhambetova K.N.,
 Khvastunov V.L., Bochenkov I.S.**
 PRODUCTION EXPERIENCE IN THE
 MANUFACTURE OF DISPERSED-
 REINFORCED PRESTRESSED ROAD SLABS
 WITHOUT FORMWORK MOLDING 34

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ,
 УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
 ИНФОРМАЦИИ (ПО ОТРАСЛЯМ).... 71**

Кувшинова О.А., Кувшинова Е.В.
 РАЗРАБОТКА КОМБИНАТОРНЫХ
 АЛГОРИТМОВ
 АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПЕРЕБОРА
 ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
 ОБРАБОТКИ ПОЛЕТОВ
 АВИАЦИОННОГО СООБЩЕНИЯ..... 71

Кузина В.В., Егорова О.В.
 РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ
 ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ
 РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НА ЭТАПЕ
 ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА
 СТРОИТЕЛЬСТВА.....77

**STANDARDIZATION AND QUALITY
 MANAGEMENT 39**

Makarova L.V., Davlatov A.S.
 METHODOLOGICAL APPROACH TO THE
 ANALYSIS OF HUMAN POTENTIAL OF AN
 INDUSTRIAL ENTERPRISE39

Kholkina O.S., Maksimova I.N.
 CONDUCT VALUE STREAM MAPPING
 USING THE TIMING METHOD.....47

PEDAGOGICAL SCIENCES 59

Ustinov V.V., Shitova I.Yu., Kislitsyna S.N.
 EXPEDIENCY OF USING MOLASSES
 AS A BINDER IN MANUFACTURE
 OF BIOFUELS.....59

Shurygin I.S., Samoshin A.P., Malashkina S.A.
 PRACTICAL ASPECTS OF THE CHOICE OF
 WOOD-CUTTING TOOLS AND OPERATING
 MODES WHEN MILLING ELECTRIC
 GUITAR PARTS ON A CNC MACHINE63

**SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT
 AND INFORMATION PROCESSING
 (ON BRANCHES) 71**

Kuvshinova O.A., Kuvshinova E.V.
 DEVELOPMENT OF COMBINATORIAL
 ALGORITHMS FOR AUTOMATED
 ENUMERATION OF OPTIONS OF
 TECHNOLOGICAL PROCESSING OF
 AVIATION FLIGHTS 71

Kuzina V.V., Egorova O.V.
 DEVELOPMENT OF A DATABASE FOR
 THE INFORMATION SYSTEM WHEN
 SOLVING PROBLEMS AT THE DESIGN
 STAGE OF A CONSTRUCTION FACILITY77

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

CONSTRUCTION. ARCHITECTURE

УДК 691.3

*Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Береговой Виталий Александрович,
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Технологии строительных
материалов
и деревообработки»

Лавров Иван Юрьевич,
аспирант

Шурыгин Илья Сергеевич,
магистрант

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Beregovoy Vitaly Aleksandrovich,
Doctor of Science, Professor,
Head of the department «Building Materials and
Woodworking Technology»

Lavrov Ivan Yurievich,
Postgraduate student

Shurygin Ilya Sergeevich,
Master's student

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СУПЕРАБСОРБИРУЮЩИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ РАСТВОРОВ ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ

В.А. Береговой, И.Ю. Лавров, И.С. Шурыгин

Приведены результаты исследований по оценке влияния суперабсорбирующих полимеров (полиакрилатов натрия) и минеральных добавок на поверхностное натяжение водных растворов гиперпластификаторов, применяемых в составах высокофункциональных бетонов. Отмечена возможность частичной сорбции молекул пластификаторов гранулами полиакрилата натрия. В рассматриваемый перечень минеральных добавок входили высокодисперсные порошки микрокремнезёма, метакаолина, трепела, маршалита и микрокальцита.

Ключевые слова: поверхностное натяжение, гиперпластификаторы, наполнитель, суперабсорбенты, декоративный эффект

ANALYSIS OF SUPERABSORBENT AND MINERAL ADDITIVES EFFECT ON THE SURFACE TENSION OF HYPERPLASTICIZER SOLUTIONS

V.A. Beregovoy, I.Yu. Lavrov, I.S. Shurygin

The results of studies on the evaluation of superabsorbent polymers (sodium polyacrylates) and mineral additives effect on the surface tension of aqueous solutions of hyperplasticizers used in

compositions of highly functional concretes are presented. The possibility of partial sorption of plasticizer molecules by sodium polyacrylate granules is considered. The list of discussed mineral additives included fine powders of microsilica, metakaolin, tripoli, marshalite and microcalcite.

Keywords: surface tension, hyperplasticizers, filler, superabsorbents, decorative effect.

Вопросам влияния поверхностного натяжения раствора затворения на свойства цементного камня, в частности усадочные деформации, посвящено большое количество работ [1,3,5]. Как показано в публикации [1], величина влажностной усадки во многом определяется показателем поверхностного натяжения.

В этой связи было исследовано влияние рецептурных факторов на изменение поверхностного натяжения (σ) водных растворов гиперпластификаторов (ГП). Для этого использовали сталагмометрический метод [4]. Экспериментальные зависимости изменения величины σ от количества введенных добавок ГП (Melflux, Sika, PCE) приведены на рис. 1.

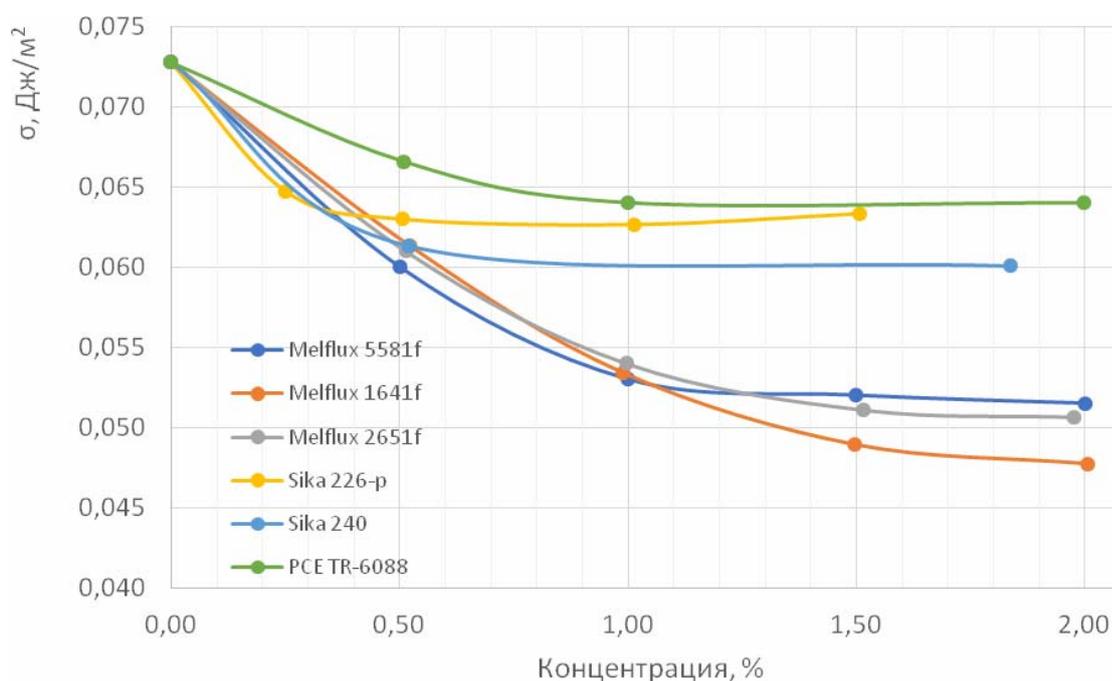


Рис. 1. Влияние концентрации пластифицирующих добавок на величину поверхностного натяжения ($t=20^{\circ}\text{C}$)

Из графиков видно, что влияние добавок из ряда ГП Melflux на величину σ имеет похожий характер: резкое уменьшение показателя при росте концентрации до 0,75...1,25 % с последующим выходом на плато при достижении значений 0,047...0,053 Дж/м². Добавки Sika и PCE TR-6088 показывают несколько меньшую поверхностную активность: при оптимальной концентрации 0,5 % поверхностное натяжение раствора снижается до $(0,062\pm 0,001)$ Дж/м².

Изучение вопроса о возможности взаимодействия растворов ГП и суперабсорбирующего полимера (САП) проводили на модельной системе, включающей 1 %-й раствор Melflux 5581F и гранулы полиакрилата натрия, предварительно насыщенные водой. Указанные добавки дозировали в массовом соотношении 1:1, которое соответствует их усредненному расходу в промышленных составах [2]. Контролируемым параметром являлась величина σ дистиллированной воды и раствора ГП после добавления гранул САП. В процессе проведения эксперимента модельная система помещалась в химический стакан, где перемешивалась в течение 5 минут. После отстаивания на протяжении 20 минут полученный раствора пропускали через фильтр «красная лента». Фильтрация необходима для предотвращения закупорки сталагмометра гранулами САП. Для оценки возможного негативного влияния процесса фильтрации на искажение величины σ раствора сравнивали значения поверхностного

натяжения 1 %-го раствора ГП и фильтрата этого раствора. Расхождений в результатах не выявлено, что свидетельствует об отсутствии избирательного разделения компонентов раствора в процессе фильтрования. Результаты экспериментов приведены на рис. 2.

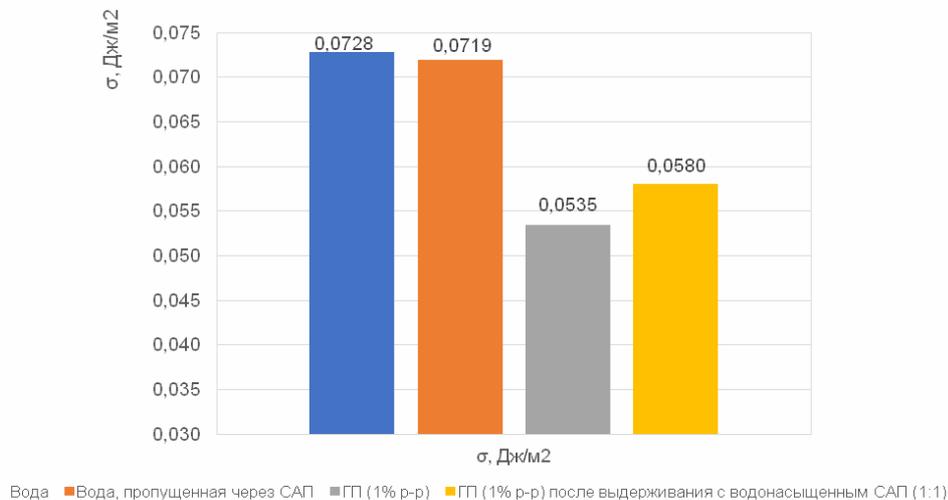


Рис. 2. Совместное влияние добавок САП и ГП на поверхностное натяжение раствора

Из диаграммы видно, что введение САП не оказывает заметного влияния на σ воды при комнатной температуре. Повышение величины σ водного раствора ГП, обнаруженное при добавлении САП, обусловлено снижением концентрации молекул ГП вследствие замещения части раствора водой, ранее адсорбционно связанной гранулами полиакрилата натрия. Для проверки отсутствия сорбции ГП на поверхности САП был изменен порядок введения компонентов: гранулы САП вводили непосредственно в раствор ГП. Количество САП подобрано исходя из расчета адсорбции 2/3 объема раствора. Результаты опытов показывают, что добавление САП в рассматриваемые растворы не сопровождается изменением величины σ (рис. 3). Из этого следует, что концентрация гиперпластификатора остается неизменной, т.е. раствор добавки адсорбируется гранулами САП без специфического разделения (адсорбция гиперпластификатора отсутствует).

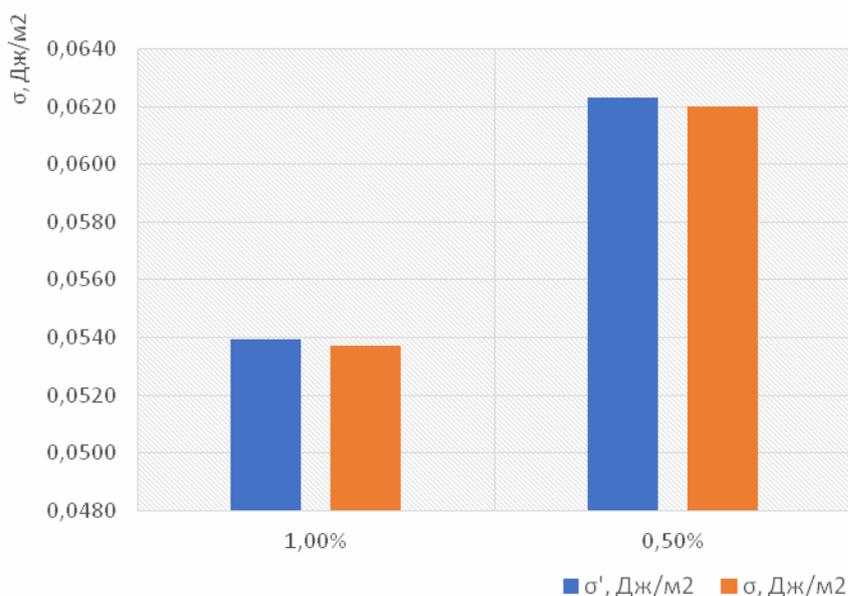


Рис. 3. Изменение поверхностного натяжения (σ) растворов ГП при добавлении сухого САП (σ')

На следующем этапе оценивали величину адсорбции гиперпластификаторов на частицах минеральных добавок. При выборе добавок учитывали их гидравлическую активность, преобладающий знак заряда поверхности, а также опыт применения в бетонах. В результате анализа были отобраны: микрокремнезём (МК-85), высокоактивный метакраолин (ВМК-45), трепел, маршалит, микрокальцит.

При сравнении данных в качестве базовых составов использовали растворы ГП Melflux 5581f двух концентраций (1 и 0,5 %). Соотношение между гиперпластификатором и минеральной добавкой устанавливали по результатам предварительных расчётов компонентных составов высокофункциональных бетонов.

Эксперимент заключался в помещении навесок добавок и аликвот раствора ГП в химический стакан. Затем в течение 5 минут производилось их перемешивание, а по истечении 40 минут содержимое стаканов фильтровалось через фильтр «синяя лента». Первые порции фильтрата удаляли для устранения влияния адсорбционной способности фильтра. Определение величины поверхностного натяжения фильтрата производилось при температуре 20 °С (рис. 4 и 5).

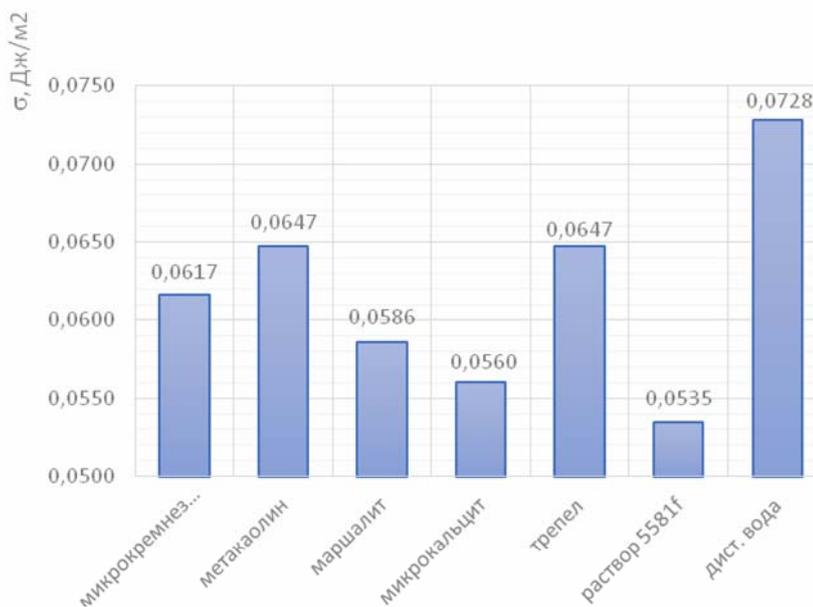


Рис. 4. Влияние минеральных добавок на величину σ (1 % раствор Melflux 5581f)

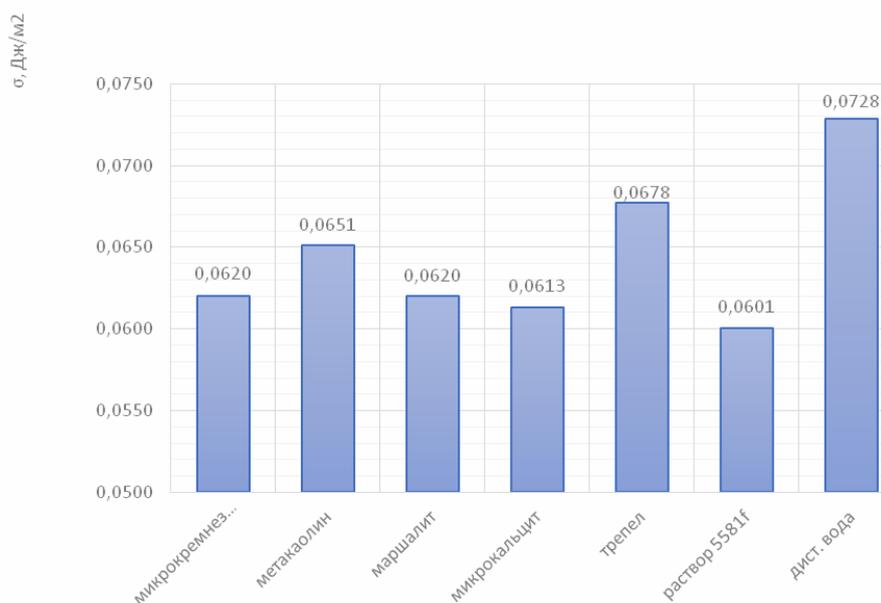


Рис. 5. Влияние минеральных добавок на величину σ (0,5 % раствор Melflux 5581f)

Результаты исследования адсорбционной способности показывают, что из рассматриваемого ряда минеральных добавок максимальной адсорбционной способностью характеризуются тонкодисперсный метакаолин и трепел: в сравнении с базовым повышением величины поверхностного натяжения составило 10 и 20 %.

Список литературы

1. Шмитко, Е.И. Влажностная усадка бетона: влияние состава и структуры применяемых пластифицирующих добавок / Е.И. Шмитко, Ю.В. Макушина, Н.А. Белькова, И.В. Милохин // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2020. – № 1(42). – С 128–135.
2. Попов, Д.Ю. Влияние суперабсорбирующих полимеров на пластическую усадку цементного камня / Д.Ю. Попов, В.С. Лесовик, В.С. Мещерин // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. – 2016. – №11. – С. 6–12.
3. Макушина, Ю.В. Пути оптимизации качества цементных бетонов по показателю влажностной усадки / Ю.В. Макушина, Е.И. Шмитко, Н.А. Белькова // Химия, физика и механика материалов. – 2020. – № 4. – С. 50–65.
4. Волков, В.А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы / В.А. Волков. – 2-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2015. – 672 с.
5. Folker, H. Wittmann Surface tension shrinkage and strength of hardened cement paste / H. Folker // Materials and Structures. – 1986. – № 1(6). – P 547–552.

References

1. Shmitko, E.I. Moisture shrinkage of concrete: the influence of the composition and structure of the applied plasticizing additives / E.I. Shmitko, Yu.V. Makushina, N.A. Belkova, I.V. Milokhin // Bulletin of the FEFU School of Engineering. – 2020. – No. 1(42). – P. 128–135.
2. Popov, D.Yu. Influence of superabsorbent polymers on plastic shrinkage of cement stone / D.Yu. Popov, V.S. Lesovik, V.S. Meshcherin / Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. – 2016. – No. 11. – P. 6–12.
3. Makushina, Yu.V. Ways to optimize the quality of cement concrete in terms of moisture shrinkage / Yu.V. Makushina, E.I. Shmitko, N.A. Belkova // Chemistry, physics and mechanics of materials. – 2020. – No. 4. – P. 50–65.
4. Volkov, V.A. colloidal chemistry. Surface phenomena and disperse systems / V.A. Volkov. – 2nd ed., corrected. – St. Petersburg: Lan publishing house, 2015. – 672 p.
5. Folker, H. Wittmann Surface tension shrinkage and strength of hardened cement paste / H. Folker // Materials and Structures. – 1986. – № 1(6). – P. 547–552.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Береговой Виталий Александрович,
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Технологии строительных
материалов и деревообработки»

Христосов Александр Алексеевич,
аспирант

Шурыгин Илья Сергеевич,
магистрант

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Beregovoy Vitaly Aleksandrovich,
Doctor of Sciences, Professor,
Head of the department «Building Materials and
Woodworking Technology»

Hristosov Alexander Alekseevich,
Postgraduate student

Shurygin Ilya Sergeevich,
Master's student

РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ ОБОЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ТЕХНОЛОГИИ ДЕКОРАТИВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.А. Береговой, А.А. Христосов, И.С. Шурыгин

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению возможности вторичного использования отходов, образующихся в результате смывки технологического оборудования по выпуску обоев, в качестве сырьевых компонентов декоративных строительных материалов. Рассмотрены варианты их применения в составах лакокрасочных, отделочных и декоративных изделий. Показано, что наиболее перспективные рецептурные решения связаны с использованием эффекта активного блеска, возникающего от частиц наполнителя, остатки которого входят в состав отходов.

Ключевые слова: отходы производства, наполнитель, модификация сырьевых масс, декоративный эффект

RECYCLING OF SLAUGHTER PRODUCTION WASTE IN THE TECHNOLOGY OF DECORATIVE BUILDING MATERIALS

V.A. Beregovoy, A.A. Hristosov, I.S. Shurygin

The article presents the results of experimental studies to determine the possibility of recycling waste generated as a result of flushing technological equipment for the production of wallpaper, as raw components of decorative building materials. The variants of their application in the compositions of paint, finishing and decorative products are considered. It is shown that the most promising prescription solutions are associated with the use of the effect of active gloss arising from glitter particles, the remnants of which are part of the waste.

Keywords: production waste, filler, modification of raw materials, decorative effect

В настоящее время интенсивно развиваются ресурсосберегающие технологии, основанные на вторичном использовании отходов в производстве строительных материалов различного функционального назначения [1-4]. Их широкое внедрение в повседневную практику зависит от успешности решения ряда рецептурно-технологических задач. При проведении данной работы в качестве объекта исследований использовали многотоннажные отходы, образующиеся в процессе промывки тары и печатных узлов, задействованных в технологическом процессе по выпуску акриловых обоев. Основными компонентами составов, используемых для создания фактурной поверхности способом точечного напыления, являются водорастворимое акриловое связующее и колеры. После промывки стоки направляют в накопители, где методом

реагентной очистки отделяют осадок [3, 4]. Впоследствии он компактируется путем прохождения через пресс-фильтр. В результате образуется полутвердый остаток, который вывозят на полигон (фото 1 и 2).



Фото 1. Образцы отходов после пресс-фильтра: до сушки (слева); после сушки (справа)

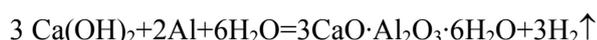
При планировании реперных экспериментов по утилизации отходов в качестве компонентов сырьевых смесей для производства строительных материалов рассматривали варианты их применения в составах лакокрасочных, отделочных и теплоэффективных изделий (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Варианты использования отходов

Назначение материала		
Теплоэффективные	Лакокрасочные	Отделочные
Газобетон	На основе эпоксидных смол	Экструдированные и прессованные
Газокерамика	На основе акриловых смол	Штукатурные составы и жидкие обои

Эксперименты показали, что введение в состав цементных бетонов указанных отходов сопровождается активацией газообразующих процессов (фото 2), что связано с наличием частиц Al в составе наполнителя:



После прохождения химической реакции декоративные качества добавки полностью нивелируются. С учетом относительно невысокой газообразующей способности использование отходов с целью создания пористой структуры целесообразно для материалов со средней плотностью 550...700 кг/м³, например стеновой газокерамики.

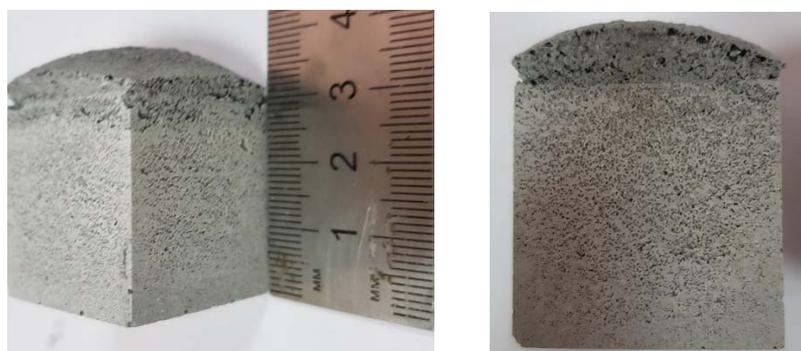


Фото 2. Образец цементного раствора с добавлением отходов (5 % по массе)

При получении плиточных материалов применяли способ горячего формования. С этой целью отходы предварительно высушивали и размалывали до полного прохождения через сито №0316. Показатели свойств материалов, полученных после термической обработки, приведены в табл. 2. Режимы процесса обработки: давление прессования – 1,5...2,0 МПа; температура – 160 и 180 °С, общее время – 5 мин.

Т а б л и ц а 2

Показатели свойств плиточных материалов

Наименование показателей/ температура прессования	Плотность, кг/м ³	Водопоглощение по массе, %	Прочность на сжатие, МПа	Водостойкость, отн.ед.
20 °С	1054	14,3	3,7(2,3)	0,62
160 °С	1200	12,1	5,3 (4,05)	0,76
180 °С	1216	9,7	5,7 (4,6)	0,81

Внешний вид образцов, полученных в результате формования в цилиндрических пресс-формах, приведен на фото 3.



Фото 3. Образцы материала: без термической обработки (слева); после (справа)

Кинетика процесса водопоглощения плитных материалов изображена на рис. 1.

Приведенные данные показывают, что в результате термического воздействия при температуре 180 °С показатель водопоглощения материала снижается на 30 %. Наряду с повышением показателя водостойкости с 0,62 до 0,81 (см. табл. 2), это свидетельствует о наличии достаточного количества термопластичных акриловых компонентов в составе отхода. Сочетание удовлетворительных физико-механических показателей плитных материалов с их высокими декоративными качествами позволяет выделить горячее прессование как перспективный способ утилизации отходов обойного производства.

Далее исследовали возможность применения отходов в качестве пигментов и наполнителей для лакокрасочных материалов. С этой целью их предварительно высушивали до постоянной массы, а затем измельчали до удельной поверхности не менее 1500...2000 см²/г. В качестве пленкообразующей основы в разрабатываемых лакокрасочных составах применяли эпоксидную смолу ЭД-20 с отвердителем ПЭПА. Количество вводимого наполнителя варьировали в диапазоне 30...50 % от массы полимерной части. Предварительные опыты показали высокую укрывистость, наличие декоративного эффекта и адгезии разработанных составов к бетонным основаниям. В этой связи после проведения всего цикла исследований их можно будет рекомендовать для долговременной защиты бетонных полов в производственных, торговых и складских помещениях от механических нагрузок, пыления, влаги и химических воздействий. Фотографии образцов лакокрасочных покрытий приведены на фото 4.

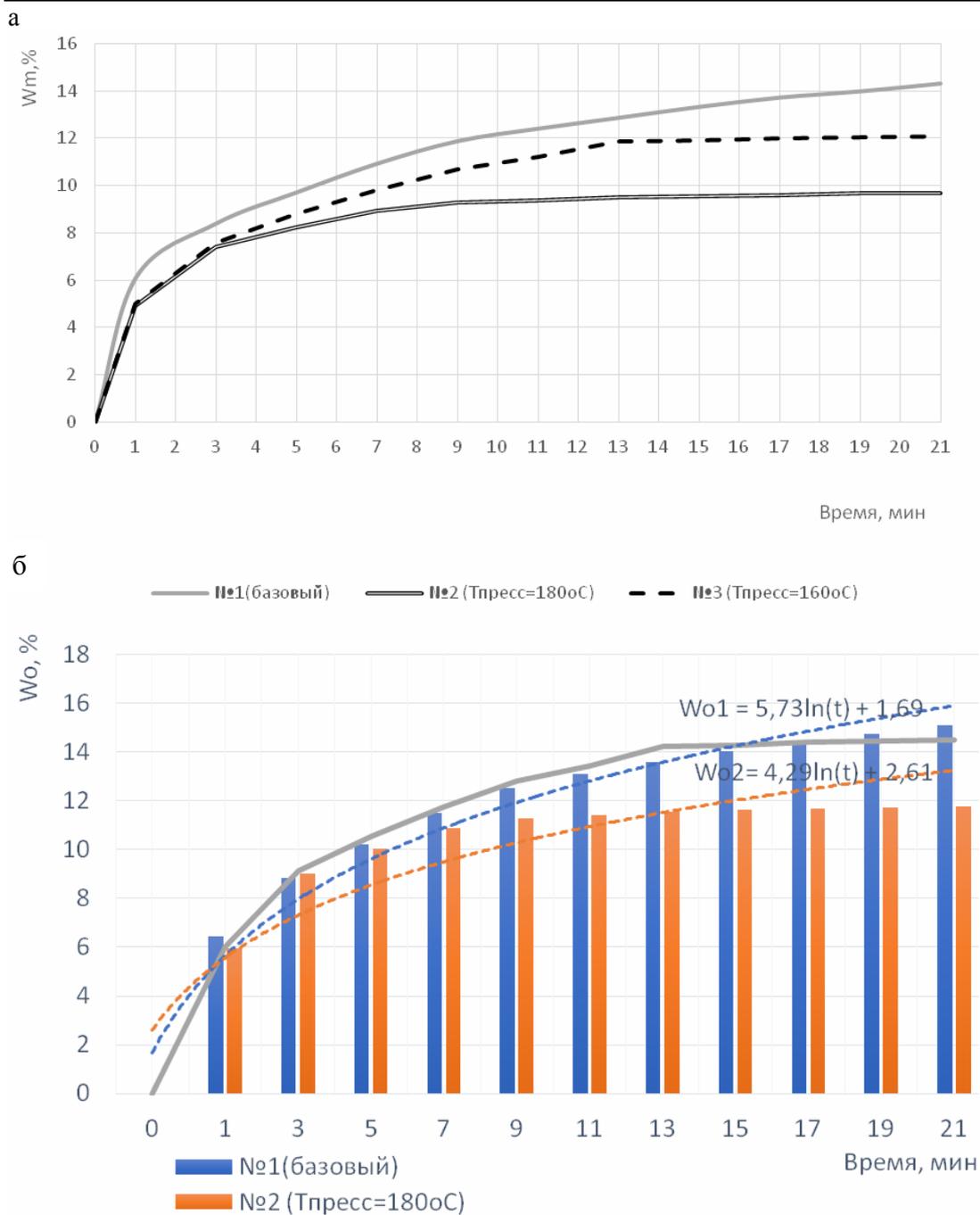


Рис. 1. Влияние температуры прессования на водопоглощение материала:
а – по массе; б – по объему



Фото 4. Образец эпоксидного защитного покрытия с наполнителем из дисперсных отходов обоевого производства

Выводы. Результаты экспериментов показали целесообразность вторичного использования отходов, образующихся после смывки технологического оборудования по выпуску обоев, для получения строительных материалов защитно-декоративного назначения: лакокрасочных составов на эпоксидной основе и термопрессованных плиточных материалов.

Наиболее перспективные рецептурные решения связаны с использованием эффекта активного блеска, возникающего от частиц наполнителя, остатки которого входят в состав отходов.

Повышение показателя водостойкости материала на 30...33 % в случае прессования сырьевой смеси при повышенных температурах свидетельствует о наличии в составе отхода термопластичных компонентов.

Список литературы

1. Beregovoy, V.A. Hyper-Pressed Composites from Recycling Products of Aerated Concrete / V.A. Beregovoy, A.M. Beregovoy // Waste Defect and Diffusion Forum. – 2021. – Vol. 410. – P. 784–789. – URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/DDF.410.784>
2. Басова, М.А. Утилизация отходов газобетона в производстве гиперпрессованных материалов / М.А. Басова, А.В. Языкеев, В.А. Береговой // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2020. – №2(11). – С. 8–15.
3. Бойкова, Т.Е. Эффективность применения коагулянтов при водоподготовке в целлюлозно-бумажной промышленности в условиях Севера / Т.Е. Бойкова, Н.И. Богданович, К.Б. Воронцов // Лесн. журн. – 2019. – №1. – С. 141–152.
4. Кузин, Е.Н. Оценка эффективности использования комплексных коагулянтов в процессах очистки сточных вод машиностроительного производства / Е.Н. Кузин, Н.Е. Кручинина // Успехи в химии и химической промышленности. – 2019. – №10(62). – С. 142–146.

References

1. Beregovoy, V.A. Hyper-Pressed Composites from Recycling Products of Aerated Concrete / V.A. Beregovoy, A.M. Beregovoy // Waste Defect and Diffusion Forum. – 2021. – Vol. 410. – P. 784–789. – URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/DDF.410.784>
2. Basova, M.A. Utilization of aerated concrete waste in the production of hyper-pressed materials / M.A. Basova, A.V. Yazykeev, V.A. Beregovoy // Bulletin of PGUAS: construction, science and education. – 2020. – No. 2(11). – P. 8–15.
3. Baykova, T.E. The effectiveness of the use of coagulants in water treatment in the pulp and paper industry in the conditions of the North / T.E. Baykova, N.I. Bogdanovich, K.B. Vorontsov // Lesn. zhurn. – 2019. – No. 1. – P. 141–152.
4. Kuzin, E.N. Evaluation of the effectiveness of the use of complex coagulants in wastewater treatment processes of machine-building production / E.N. Kuzin, N.E. Kruchinina // Successes in chemistry and chemical industry. – 2019. – No. 10(62). – P. 142–146.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Глухов Вячеслав Сергеевич,
кандидат технических наук, доцент,
зав. кафедрой «Геотехника и дорожное
строительство»
E-mail: gds@pguas.ru

Гаврилов Павел Константинович,
аспирант
E-mail: pavel.gavrilov58@yandex.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Glukhov Viacheslav Sergeevich,
Candidate of Sciences, Associate Professor,
Head of the Department « Geotechnics and Road
Construction»
E-mail: gds@pguas.ru

Gavrilov Pavel Konstantinovich,
Postgraduate student
E-mail: pavel.gavrilov58@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРУЖЕНИЯ НА НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ СВАЙ В ПРОБИТЫХ СКВАЖИНАХ

В.С. Глухов, П.К. Гаврилов

Представлен альтернативный подход к определению несущей способности свай в пробитых скважинах с уширением (СПС) по результатам статических испытаний. Предложенный метод позволяет оценить несущую способность сваи по графику «осадка – нагрузка» в зависимости от величины предельно допустимой осадки, исключив при этом негативное воздействие выпора основания, возникающего при устройстве соседних свай. На основании выполненных экспериментальных исследований сделан вывод о том, что предварительное пригружение СПС позволяет осуществить доуплотнение свайного основания и снизить общую осадку опытной сваи ввиду уменьшения остаточных деформаций подъема.

Ключевые слова: сваи в пробитых скважинах, несущая способность, статические испытания, осадка, уплотнение грунта

THE EFFECT OF PRELOADING ON THE BEARING CAPACITY OF PILES IN PUNCHED HOLES

V.S. Glukhov, P.K. Gavrilov

The article describes an alternative approach to determining the bearing capacity of piles in punched holes with broadening (SPS) according to static load tests. The proposed method makes it possible to estimate the bearing capacity of the pile according to the «settlement-load» schedule, depending on the maximum permissible precipitation, while eliminating the negative impact of the base discharge that occurs when adjacent piles are installed. Based on the experimental studies carried out, it was concluded that the preliminary immersion of the SPS allows additional compaction of the pile base and reduction of the total draft of the experimental pile due to the decreasing of residual deformations of the lift.

Keywords: piles in punched holes, bearing capacity, static load test, settlement, soil compaction

Среди прогрессивных конструкций фундаментов особое место занимают сваи в пробитых скважинах с уширением (СПС), обеспечивающие улучшение физико-механических свойств грунтов основания в процессе производства работ, а также снижение материальных, энергетических и трудовых затрат при их устройстве. Фундаменты указанного типа проектируются с использованием разработанной нормативной базы СТО 36554501-018-2009 «Проектирование и устройство свайных фундаментов и упорченных оснований из набивных свай в пробитых скважинах».

Сущность метода устройства СПС заключается в том, что скважины под сваи образуются по технологии вытрамбовки без выемки грунта путем сброса рабочего органа, форма которого определяет размеры устраиваемой сваи. В дальнейшем для увеличения удельной несущей способности СПС выполняется формирование уширения из щебня, втрамбованного в забой скважины. Устройство уширенного основания из жесткого втрамбованного материала обеспечивает повышение несущей способности СПС в 2÷3 раза. В результате выполненных работ в основании скважины и вдоль её боковой поверхности формируется уплотненная зона, характеризующаяся уменьшением влажности, снижением сжимаемости и повышением прочностных характеристик грунта. В связи с этим СПС способны воспринимать значительные вертикальные и горизонтальные нагрузки, что существенно расширяет область их применения [1].

Имеющийся на данный момент опыт устройства СПС позволяет сделать вывод, что зачастую несущая способность сваи, определенная по результатам испытаний, ниже проектного значения, а зафиксированная в процессе статического нагружения осадка значительно превышает нормативную величину перемещения [2]. В то же время данные многолетнего мониторинга за объектами строительства говорят о том, что здания, возведенные на СПС, не испытывают деформаций, превышающих предельно допустимые значения, и соответствуют требованиям надежной и безопасной эксплуатации. С учётом вышесказанного следует, что необходимо предусмотреть меры, которые бы позволяли наиболее полно учитывать несущую способность СПС по результатам статических испытаний.

В рамках решения поставленной задачи были выполнены статические испытания опытной сваи на площадке строительства, расположенной в г. Тольятти. Испытуемая свая представляла собой СПС с длиной ствола $L = 3,5$ м, диаметром ствола по верху $d = 0,5$ м, диаметром уширения $D_{\text{уш}} = 1,0$ м. Устройство уширенного основания выполнялось путём отсыпки и втрамбовывания щебня отдельными порциями в забой скважины до «отказа», соответствующего проектной величине. Объем втрамбованного щебня в уровне пяты сваи составил $V_{\text{щ}} = 0,6$ м³.

По материалам геологических изысканий, выполненных на площадке исследования, геологический разрез на глубину 9,0 м от поверхности земли сложен аллювиальными отложениями среднечетвертичного возраста (аQ_{II}), литологически представленными до глубины 3,6÷4,0 м просадочным суглинком, ниже – песком мелким средней плотности и плотным, в котором вскрыты прослой суглинка непросадочного мощностью от 0,4 м до 2,0 м. Тип грунтовых условий по просадочности – I. С поверхности аллювиальные отложения прикрыты почвой (pdQ_{IV}) мощностью 0,8–1,0 м. Подземные воды скважинами, пробуренными до глубины 9,0 м от поверхности земли, не вскрыты. Физико-механические свойства грунтов основания представлены в таблице. Инженерно-геологический разрез с привязкой опытной сваи изображен на рис. 1.

Физико-механические свойства грунтов основания

Номер и наименование ИГЭ	Плотность грунта, г/см ³		Удельный вес, кН/м ³		Угол внут. трения, град.	Удельн. сцеп., МПа	Модуль деформ., МПа	
	прир. влаж.	водон.	прир. влаж.	водон.			прир. влаж.	водон.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ИГЭ 1 – почва суглинистая	1,53		14,99					
ИГЭ 2 – суглинок твердый, просадочный $\alpha_{0,85}$ $\alpha_{0,95}$	<u>1,78</u> 1,77	<u>1,92</u> 1,91	<u>17,44</u> 17,35	<u>18,82</u> 18,72	<u>23</u> 22	<u>0,010</u> 0,009	22	18

О к о н ч а н и е т а б л и ц ы								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ИГЭ 3 – песок мелкий, плотный $\alpha = 0,85$ $\alpha = 0,95$	<u>1,76</u> 1,76		<u>17,25</u> 17,25		<u>33</u> 32	<u>0,003</u> 0,003	36	
ИГЭ 4 – суглинок твердый, непросадочный $\alpha = 0,85$ $\alpha = 0,95$	<u>1,86</u> 1,84	<u>1,93</u> 1,92	<u>18,23</u> 18,03	<u>18,91</u> 18,82	<u>23</u> 22	<u>0,013</u> 0,012	21	19

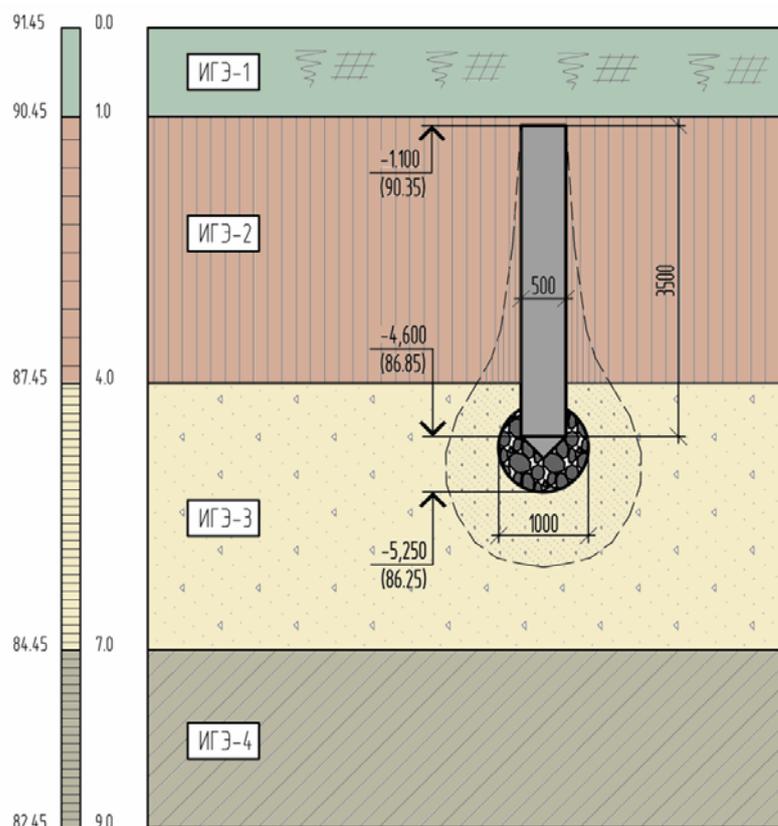


Рис. 1. Инженерно-геологические условия площадки строительства с привязкой опытной сваи

Ввиду наличия значительной толщи просадочных грунтов испытание статической нагрузкой в соответствии с требованиями п. 6.8 ГОСТ 5686-2020. «Грунты. Методы полевых испытаний сваями» производилось после полного водонасыщения грунтов основания. Указанная процедура выполнялась перед началом статического испытания и продолжалась до момента стабилизации осадки опытной сваи. Замачивание грунта выполнялось через специальные траншеи, заполненные щебнем, устраиваемые по периметру испытываемой сваи на расстоянии 1,0 м от боковой грани.

Для передачи вертикальных нагрузок на СПС-1 использовалась установка, состоящая из испытательного стенда в виде фермы, закрепленной к анкерным сваям, гидравлического домкрата марки ДГ-200 и ручной насосной станции (рис. 2). Нагрузка на опытную сваю передавалась ступенями, контроль за давлением в системе осуществлялся с использованием тарированного манометра, установленного на маслостанции [3]. Реперная система включала в себя два прогибомера с ценой деления 0,1 мм, по которым велось наблюдение за перемещением опытной сваи. Переход к последующему этапу нагружения производился после достижения условной стабилизации,

когда осадка фундамента при постоянной нагрузке не превышала 0,1 мм за последний час наблюдений [4].



Рис. 2. Общий вид испытательного стенда

На стадии проектирования авторами была предварительно выполнена оценка несущей способности СПС по расчётной методике в соответствии с указаниями п. 7.2.2 СП 24.13330.2021 «Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85». Несущая способность, определенная по формуле (7.8) данного СП, составила $F_{d,расч} = 1400,0$ кН. Таким образом, принимая во внимание требования п. 7.3.5, была принята максимальная нагрузка при испытаниях, равная $1,5F_{d,расч}$ и составляющая соответственно 2100,0 кН.

Статические испытания свай вдавливающей нагрузкой являются наиболее достоверным методом оценки несущей способности свай, необходимой для определения ряда инженерных характеристик, обоснования выбора типа свайных фундаментов и конструктивных параметров, а также способов устройства. Указанные испытания позволяют с большой достоверностью выявлять характер изменения осадок свай под действием нагрузки в реальных условиях.

Согласно п. 7.3.5 СП 24.13330.2021 частное значение предельной нагрузки на фундамент находилось из графика «осадка – нагрузка» при величине осадки $\Delta = \xi \cdot S_u$, где S_u – предельное значение средней осадки фундамента проектируемого здания, принимаемое согласно СП 22.13330.2016; ξ – коэффициент перехода от предельного значения средней осадки фундамента здания или сооружения к осадке сваи, полученной в ходе статических испытаний, принимаемый равным 0,2. Таким образом, за критерий несущей способности основания F_d , кН, условно принималась нагрузка, при которой осадка сваи достигала $\Delta = 30,0$ мм.

По данным испытаний был построен график зависимости «осадка – нагрузка». Результаты испытаний СПС-1 статической вдавливающей нагрузкой, приведенные на рис. 3, показывают, что при нагрузке $F = 1470,0$ кН общее перемещение сваи равно $S_1 = 46,8$ мм. При этом несущая способность испытываемой сваи при условной осадке $\Delta_1 = 30,0$ мм составила $F_{d1} = 1240,0$ кН, что значительно ниже значений, полученных как на этапе проектирования, так и по результатам динамических испытаний.

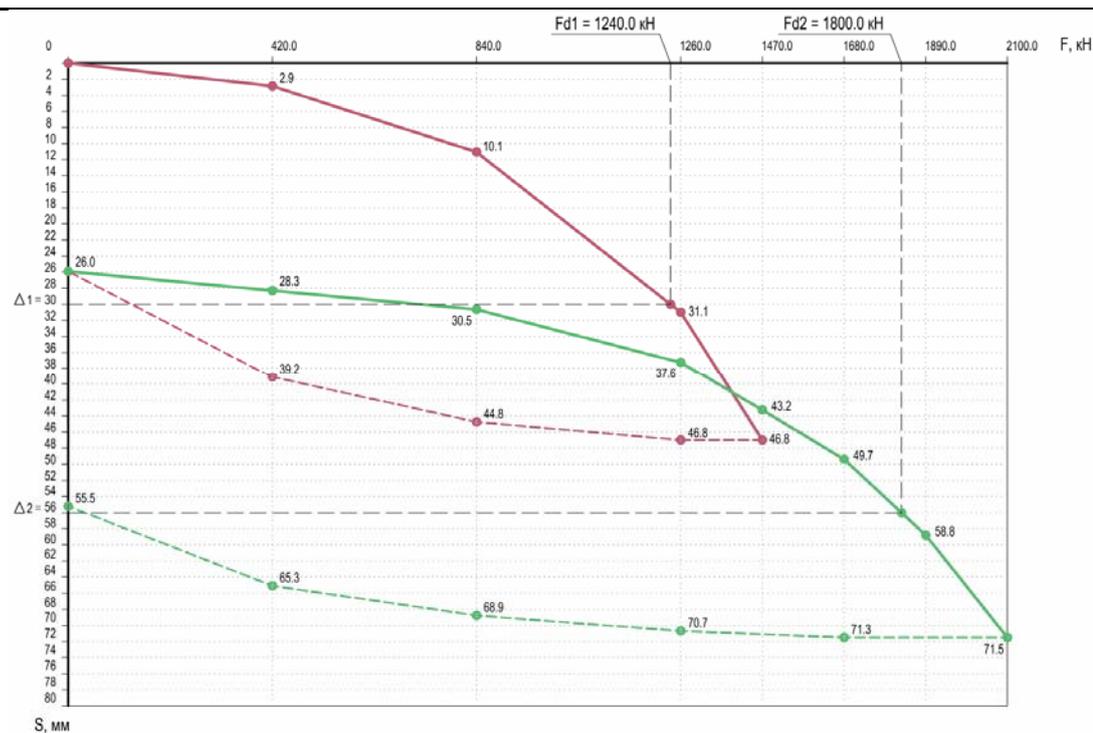


Рис. 3. График зависимости $S=f(F)$ по результатам статических испытаний СПС-1

Принимая во внимание результаты исследования проф. В.И. Крутова [5] относительно того, что «предварительная пригрузка фундаментов нагрузкой, равной $0,7 \div 0,9$ расчётной, полностью обеспечивает их несущую способность, соответствующую проектной нагрузке при их последующих осадках, в $3 \div 4$ раза меньше допустимых», было принято решение о продолжении испытания опытной сваи путём её полной разгрузки и повторного приложения усилия согласно программе испытаний. В ходе разгрузки опытной сваи были получены упругие деформации грунтового основания, равные 20,8 мм.

По результатам дополнительных испытаний СПС-1 можно заметить, что кривизна полученного графика значительно отличается от зависимости $S=f(F)$, полученной на начальном этапе исследования. Во время повторного нагружения СПС-1 при максимальном усилии в домкратах $F = 2100,0$ кН общее перемещение сваи составило 45,5 мм, при этом была зафиксирована суммарная стабилизированная осадка, равная $S_2 = 71,5$ мм. Несущая способность СПС-1, соответствующая $\Delta_2 = 56,0$ мм, равнялась $F_{d2} = 1800,0$ кН, упругие деформации основания при этом составили 16,0 мм.

Несмотря на увеличение общей осадки в 1,5 раза, повторное нагружение испытываемой сваи позволило подтвердить данные, полученные ранее на этапе проектирования. При несущей способности СПС-1, равной $F_{d2} = 1800,0$ кН, расчётно-допускаемая нагрузка на сваю составила $N_{p.d.} = 1285,0$ кН. Как следует из результатов выполненного исследования, повторное загрузке сваи при частном значении осадки сваи $\Delta = 30,0$ мм позволяет передать нагрузку, в $1,4 \div 1,5$ раза большую, чем при первых испытаниях.

Необходимо отметить, что при массовом вытрамбовывании скважин под СПС имеет место эффект разуплотнения и выпора грунта вокруг ранее выполненных свай. Указанные деформации основания, способствующие выпору соседних свай, приводят к проявлению у последних остаточных деформаций подъема. Описанное явление способствует нарушению структуры и увеличению деформативности грунтов и, как следствие, снижению несущей способности сваи [6]. Предварительное пригружение СПС позволяет снизить общую осадку испытываемой сваи за счёт доуплотнения свайного основания и исключить негативное воздействие выпора основания, возникающего при устройстве соседних свай. Таким образом, по мнению авторов, при статическом испытании свай, устраиваемых по технологии вытрамбовки, обязательным

является их предварительное нагружение нагрузкой, равной проектной величине $N_{р.д.}$, позволяющее исключить поднятие испытуемой сваи, а также снизить деформативность основания. Указанная процедура позволяет более точно оценить несущую способность СПС и тем самым обеспечить наиболее полное использование материальных и трудовых ресурсов при устройстве оснований сооружений.

Список литературы

1. Глухов, В.С. Исследование влияния уширения свай в пробитых скважинах на осадку / В.С. Глухов, О.В. Хрянина, М.В. Глухова // Известия Юго-Западного государственного университета – 2011. – № 5–2(38). – С. 351–354.
2. Глухова, М.В. Учет нелинейной деформации грунта при осадке свай в пробитых скважинах с уширением / М.В. Глухова, В.С. Глухов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 4(11). – С. 45–52.
3. Багдасаров, Ю.А. Фундаменты в вытрамбованных котлованах на объектах строительства в Чувашии / Ю.А. Багдасаров, А.П. Гурин, В.П. Михайлов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1992. – №2. – С. 18–21.
4. Ляшенко, П.А. Оценка изменения деформационных характеристик глинистых грунтов в основании буронабивных свай при повторном нагружении / П.А. Ляшенко, Д.В. Гохаев, О.А. Шмидт // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2016. – Т.7, №4. – С. 123–132.
5. Крутов, В.И. Упрочнение оснований фундаментов в вытрамбованных котлованах путем их предварительной пригрузки / В.И. Крутов, Н.Т. Танатаров // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1990. – №6. – С. 11–13.
6. Седин, В.Л. О влиянии повторных нагружений набивных свай в пробитых скважинах на деформативность их оснований / В.Л. Седин, Ю.Л. Винников, Е.М. Бикус // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2014. – №3. – С. 110–118.

References

1. Glukhov, V.S. The study of the effect of widening of piles in punched holes on the settlement / V.S. Glukhov, O.V. Hryanina, M.V. Glukhova // Proceedings of Southwestern State University. – 2011. – № 5–2 (38). – P. 351–354.
2. Glukhova, M.V. Considering the non-linear soil deformation in the settlement of pile in punched holes with broadening / M.V. Glukhova, V.S. Glukhov // Housing and utilities infrastructure. – 2019. – № 4 (11). – P. 45–52.
3. Bagdasarov, U.A. Foundations in rammed pits at construction sites in Chuvashia / U.A. Bagdasarov, A.P. Gurin, V.P. Mikhailov // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – 1992. – №2. – P. 18–21.
4. Liashenko, P.A. Estimation of changes in the deformation characteristics of clay soils in the bottom of bored piles under repeated loading / P.A. Liashenko, D.V. Gokhaev, O.A. Shmidt // Bulletin of Perm national research Polytechnic University. – 2014. – Vol.7, № 4. – P. 123–132.
5. Krutov, V.I. Foundations in rammed pits at construction sites in Chuvashia / V.I. Krutov, N.T. Tanatarov // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – 1990. – №6. – P. 11–13.
6. Siedin, V.L. Repeated loading effect on foundation distortion under filling piles cast in boreholes / V.L. Siedin, Yu.L. Vynnykov, K.M. Bikus // Bulletin of Perm national research Polytechnic University. – 2014. – № 3. – P. 110–118.

УДК 658.5:005

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Кислицына Светлана Николаевна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технологии строительных материалов
и деревообработки»
E-mail: techbeton@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Kislicina Svetlana Nikolaevna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
department «Building Materials and Woodworking
Technology»
E-mail: techbeton@pguas.ru

ВРЕМЕННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

С.Н. Кислицына

Проводились исследования длительной прочности лакокрасочных пленок на основе раствора отходов пенополистирола. Получены временные зависимости прочности непластифицированных и пластифицированных полимерных пленок при различных температурах, а также температурные зависимости долговечности полимерных пленок при различных напряжениях. Рассчитана энергия активации разрушения полимерных пленок. Вычислены значения структурно-чувствительного фактора и начальной энергии активации разрушения. Исследована зависимость отношения длительной прочности к кратковременной от времени нагружения.

Ключевые слова: отходы пенополистирола, лакокрасочные пленки, длительная прочность

TIME DEPENDENCES OF THE STRENGTH OF POLYMER COATINGS

S.N. Kislicina

The article investigates the long-term strength of paint and varnish films based on a solution of styrofoam waste. The time dependences of the strength of non-plasticized and plasticized polymer films at different temperatures are obtained. The temperature dependences of the durability of polymer films at various stresses are received. The activation energy of destruction of polymer films is calculated. The values of the structurally sensitive factor and the initial activation energy of destruction are determined. The dependence of the ratio of long-term strength to short-term strength on the loading time is investigated.

Keywords: waste polystyrene foam, paint films, long-term durability

Одним из эффективных путей научно-технического прогресса в производстве строительных материалов является использование в качестве основного сырья различных полимерных отходов.

Пенополистирол широко применяется в качестве упаковочного материала и в строительстве в качестве теплоизоляции. Его отходы накапливаются в виде вышедших из употребления изделий, а также в виде промышленных (технологических) отходов [1, 2]. Потенциальные ресурсы вторичного сырья для этого термопласта составляют примерно 50 тыс.т в год.

Отходы полистирола не подлежат утилизации подобно другим бытовым отходам, так как не взаимодействуют с водой и не подлежат биологическому разложению. Пенополистирол (ППС) нельзя сжигать в связи с тем, что при этом в процессе его деструкции в больших объемах выделяются токсичные газы. Поэтому отходы пенополистирола накапливаются в большом количестве в окружающей человека среде, создавая одну из сложных экологических проблем. Однако отходы этого полимера могут быть использованы для приготовления лакокрасочных составов.

Объект исследования – полимерные лакокрасочные составы на основе отходов пенополистирола для защиты строительных конструкций от воздействия агрессивных сред.

При отверждении лакокрасочных покрытий и их старении возникают внутренние напряжения, которые сохраняются длительное время. Поэтому для изучения условий разрушения покрытий под действием внутренних напряжений необходимо знать не только значения прочности при кратковременных испытаниях, но и временные зависимости прочности.

Исследование временных зависимостей прочности полимерных покрытий проводили на пленках на основе 15 % раствора отходов пенополистирола в смеси растворителей (смесь ацетона и бензина в соотношении 1:1), наполненных смесью фторида кальция с пигментом Cr_2O_3 (в соотношении 9:1) с $S_{\text{уд}}=700 \text{ м}^2/\text{кг}$, без пластификатора и с оптимальным содержанием пластификатора. В качестве пластификатора использовали дибутилфталат.

Испытанию подвергались свободные пленки размером $10 \times 30 \text{ мм}$. Свободные пленки получали на полиэтилентерефталатной подложке.

Согласно температурно-временной зависимости прочность полимерных покрытий может быть описана следующим уравнением (уравнение Журкова) [1, 2]:

$$\tau = \tau_0 e^{\frac{U_0 - \gamma\sigma}{RT}}, \quad (1)$$

где τ_0 – постоянная, численно равная периоду колебаний атомов; U_0 – начальная энергия активации разрушения; γ – структурно-чувствительный фактор, характеризующий перенапряжение связей в полимере; σ – приложенное напряжение; R – газовая постоянная; T – температура, К.

Прочность полимерных пленок определяли при различных напряжениях и температурах. Величины U_0, γ, τ_0 определяли графическим методом. Взяв за основу веер прямых в координатах $\lg \tau, \sigma$, находили точку пересечения вертикальных прямых с графиком $\lg \tau(\sigma)$ и использовали их для построения второго веера прямых в координатах $\lg \tau, 1/T$ при фиксированных значениях σ .

Энергию активации процесса разрушения $U_{(\sigma)}$ вычисляли по наклону полученных прямых, и строили график $U_{(\sigma)} - \sigma$. Экстраполируя к $\sigma = 0$, получали значение U_0 и по наклону прямой $U_{(\sigma)} - \sigma$ определяли γ .

Результаты исследований приведены на рис.1.



Рис. 1. Временные зависимости прочности непластифицированных полимерных пленок при различных температурах:
1 – 30°C; 2 – 18°C; 3 – 0°C

Полученные экспериментальные данные в пределах исследованного временного интервала достаточно хорошо описываются зависимостью

$$\tau = A \cdot e^{\alpha\sigma}, \quad (2)$$

где τ – время до разрушения образца, с; σ – напряжение; A и α – постоянные, зависящие от свойств материала.

На рис. 2 приведены температурные зависимости долговечности непластифицированных пленок, представляющие собой прямые линии с различным наклоном; все прямые пересекаются в одном полюсе при $\tau_0 = 10^{-12}$ с.

$\lg \tau(c)$

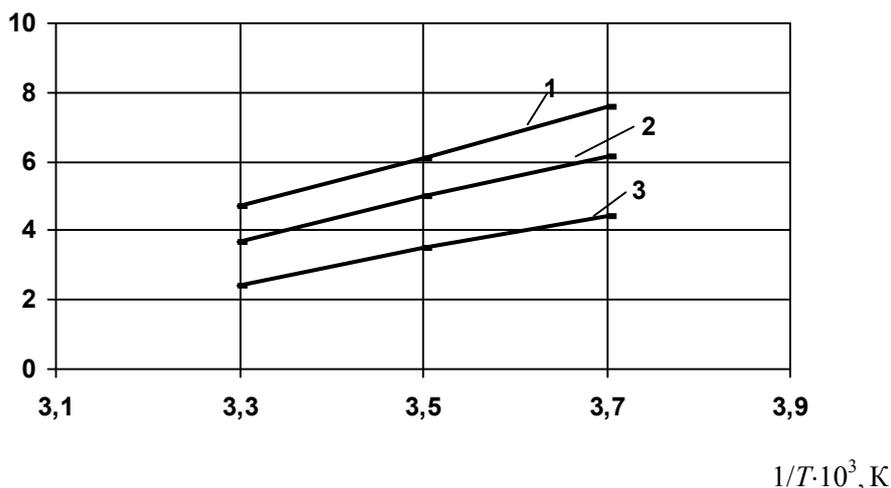


Рис. 2. Температурные зависимости долговечности непластифицированных полимерных пленок при различных напряжениях:
1 – $\sigma=1$ МПа; 2 – $\sigma=1,5$ МПа; 3 – $\sigma=2$ МПа

Были рассчитаны значения энергии активации разрушения U в зависимости от приложенных напряжений для непластифицированных (рис. 3, прямая 1) и пластифицированных (рис. 3, прямая 2) пленок.



Рис. 3. Зависимость энергии активации разрушения полимерных пленок:
1 – без пластификатора; 2 – с содержанием пластификатора 4 %

Расчетные данные показывают, что с уменьшением напряжений энергия активации разрушения возрастает.

Временные зависимости прочности пластифицированных пленок при различных температурах приведены на рис.4.

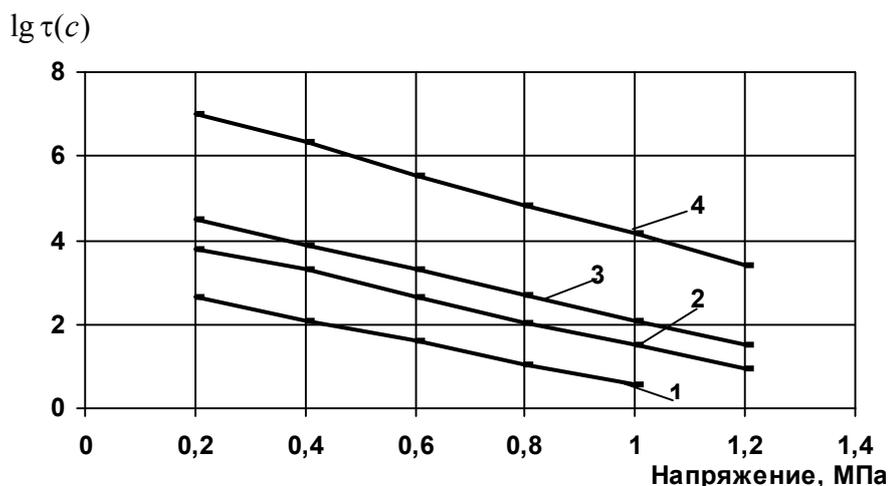


Рис. 4. Временные зависимости прочности пластифицированных полимерных пленок при различных температурах:
1 – 30°C; 2 – 22°C; 3 – 18°C; 4– 0°C

Полученные временные зависимости прочности также описываются зависимостью (2).

По экспериментальным данным построены температурные зависимости долговечности пластифицированных пленок при различных напряжениях (рис. 5). Все прямые пересекаются в одном полюсе при $\tau_o = 10^{-12}$ с.

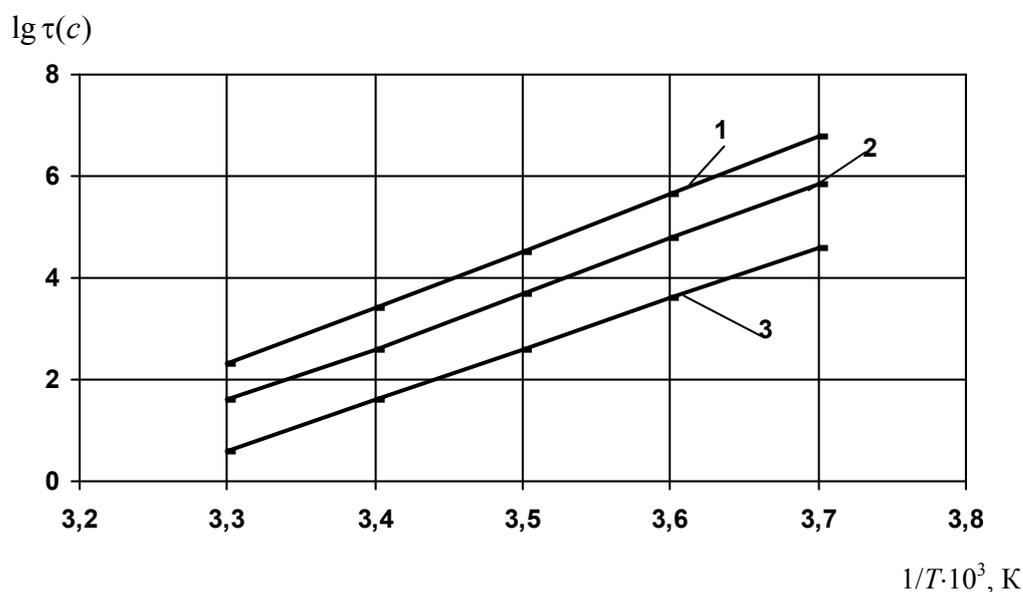


Рис. 5. Температурные зависимости долговечности пластифицированных полимерных пленок при различных напряжениях:
1 – 0,4 МПа; 2 – 0,6 МПа; 3 – 1 МПа

По полученным данным для исследуемых пленок вычислены значения структурно-чувствительного фактора γ и начальной энергии активации разрушения U_0 . Расчетные данные представлены в таблице.

Значения коэффициента γ и U_o полимерных пленок

Вид пленок	γ , кДж/(моль·МПа)	U_o , кДж/моль
Без пластификатора	24	81,5
С пластификатором	25,5	81,5

Как показывает анализ полученных данных, введение пластификатора в полимерные пленки изменяет значение структурно-чувствительного фактора γ , характеризующего перенапряжение связей в полимере. Так, значение γ для пластифицированных пленок составило 25,5 кДж/(моль·МПа), для непластифицированных – 24 кДж/(моль·МПа).

Как видно из рис.3 и таблицы, начальный энергетический барьер U_o , определяемый путем экстраполяции зависимостей $U(\sigma)$ к значению $\sigma \rightarrow 0$, одинаков как для пластифицированных, так и для непластифицированных пленок и составляет 81,5 кДж/моль.

Проведенные исследования показывают, что при введении пластификатора прочность полимерных пленок уменьшается примерно в 1,5 раза, а значение U_o не изменяется. Это свидетельствует о том, что при хрупком и вынужденно-эластическом разрушении, когда время τ_p много меньше периода релаксации τ , разрушение полимеров определяется разрывом химических связей и температурно-временная зависимость прочности описывается уравнением Журкова. Энергия активации с уменьшением разрушающих напряжений увеличивается в соответствии с флуктуационной теорией прочности твердых тел и при $\sigma = 0$ равняется энергии связей, ответственных за разрушение полимера.

Для большей наглядности результаты исследования длительной прочности пленок по сравнению с кратковременной при температуре 20°C и нагрузке 0,5 Н представлены в координатах $\tau - \sigma_\tau / \sigma_k$ (рис.6).

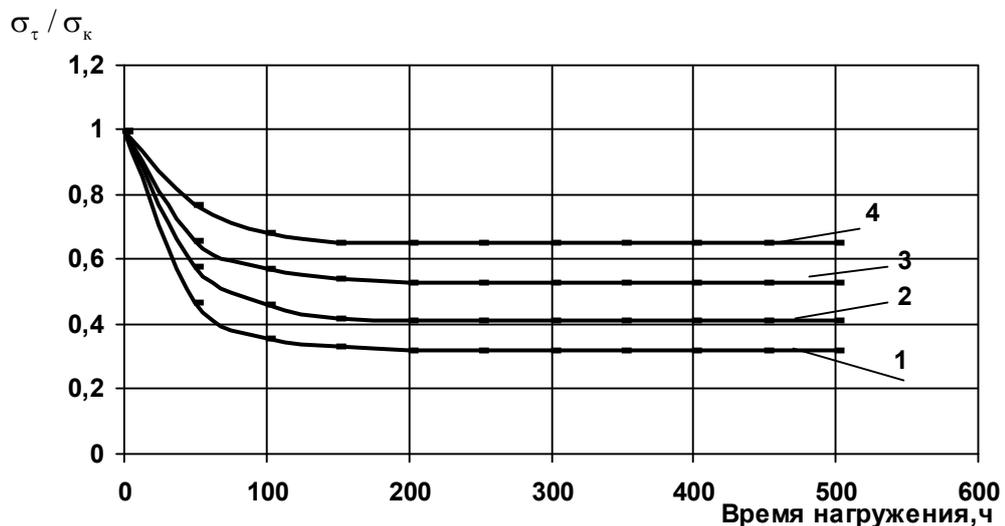


Рис. 6. Зависимость σ_τ / σ_k полимерных пленок от времени нагружения:

- 1 – с оптимальным содержанием пластификатора; 2, 3 – с оптимальным содержанием пластификатора после 150 и 400 ч термостарения; 4 – без пластификатора

За кратковременную прочность σ_k принята прочность при времени нагружения 10 с, а σ_τ – прочность пленки ко времени τ .

Полученные данные показывают, что наиболее интенсивное падение длительной прочности происходит в первые часы воздействия нагрузки. К 100-150 ч воздействия

нагрузки снижение прочности значительно замедляется. На длительную прочность полимерных пленок оказывает влияние и введение пластификаторов. Так, к 150 ч термостарения при комнатной температуре длительная прочность пленок без пластификатора составила 66 % от кратковременной (кривая 4, рис. 6) а с пластификатором – 32 % от кратковременной (кривая 1, рис. 6).

Жесткость полимерных покрытий по мере термостарения увеличивается. При этом возрастает и их длительная прочность. Так, пленки после отверждения имеют установившуюся длительную прочность, составляющую 32 % от кратковременной. Длительная прочность этих полимерных пленок после 150 ч термостарения составляет 42 % от кратковременной, а после 400 ч термостарения – 54 % от кратковременной (кривые 2, 3, рис. 6).

Список литературы

1. Папков, С.П. Физико-химические основы переработки полимеров / С.П. Папков. – М.: Химия, 1971. – 364 с.
2. Стрюченко, А.А. Новые методы утилизации бытовых и промышленных отходов пенополистирола / А.А. Стрюченко, Ю.Ю. Ладарева, Т.А. Маирко // Международный научно-технический конгресс. Экономический путь к высококачественному литью: тез. докладов (Киев, 7-9 июня 2005 г.). – Киев, 2005. – С. 172.
3. Санжаровский, А.Т. Физико-механические свойства полимерных и лакокрасочных покрытий / А.Т. Санжаровский. – М.: Химия, 1978. – 183 с.
4. Бартнев, Г.М. Прочность и механизм разрушения полимеров / Г.М. Бартнев. – М.: Химия, 1984. – 289 с.

References

1. Papkov, S.P. Physico-chemical bases of polymer processing / S.P. Papkov. – M.: Chemistry, 1971. – 364 p.
2. Stryuchenko, A.A. New methods of utilization of household and industrial waste of expanded polystyrene / A.A. Stryuchenko, Yu.Yu. Ladareva, T.A. Mairko // International Scientific and Technical Congress. An economic path to high-quality casting: Tez. reports (Kiev, June 7-9, 2005). – Kiev, 2005. – p. 172.
3. Sanzharovsky, A.T. Physico-mechanical properties of polymer and paint coatings / A.T. Sanzharovsky. – M.: Chemistry, 1978. –183 p.
4. Bartenev, G.M. Strength and mechanism of polymer destruction / G.M. Bartenev. – M.: Chemistry, 1984. – 289 p.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Тарасеева Нелли Ивановна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Геотехника и дорожное строительство»
E-mail: tnelly77@mail.ru

Грачева Юлия Вячеславовна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Геотехника и дорожное строительство»
E-mail: gracheva_jv@mail.ru

Ходакова Арина Андреевна,
магистрант
E-mail: gds@pguas.ru

Крылов Александр Сергеевич,
магистрант
E-mail: gds@pguas.ru

Моршанкин Владислав Алексеевич,
студент
E-mail: gds@pguas.ru

Penza State University of Architecture and Construction

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Taraseeva Nelly Ivanovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
department «Geotechnics and Road Construction»
E-mail: tnelly77@mail.ru

Gracheva Yulia Vyacheslavovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor
of the department «Geotechnics and Road
Construction»
E-mail: gracheva_jv@mail.ru

Khodakova Arina Andreevna,
Undergraduate
E-mail: gds@pguas.ru

Krylov Alexander Sergeevich,
Undergraduate
E-mail: gds@pguas.ru

Morshankin Vladislav Alekseevich,
student
E-mail: gds@pguas.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕСЧАНОГО ГРУНТА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Н.И. Тарасеева, Ю.В. Грачева, А.А. Ходакова, А.С. Крылов, В.А. Моршанкин

Приведены результаты научных исследований характеристик грунтов, направленные на определение деформационных показателей песка средней крупности в сухом и увлажненном состоянии в условиях компрессионного сжатия, с целью установления области применения горных пород в дорожном строительстве для уменьшения отрицательного воздействия морозного пучения.

Ключевые слова: песок, метод компрессионного сжатия, деформационные характеристики, компрессионный модуль деформации, одометрический модуль деформации, земляное полотно, морозное пучение

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF DEFORMATION CHARACTERISTICS OF SANDY SOIL ON THE TECHNOLOGICAL AND OPERATIONAL PARAMETERS OF THE ROADBED

N.I. Taraseeva, Yu.V. Gracheva, A.A. Khodakova, V.A. Morshankin, A.S. Krylov

The results of scientific studies of soil characteristics aimed at determining the deformation characteristics of medium-sized sand in dry and wet state under compression, in order to establish the field of application of rocks in road construction to reduce the negative impact of frost heaving are given.

Keywords: sand, compression method, deformation characteristics, compression modulus of deformation, odometric modulus of deformation, subgrade, frost heaving

Строительство новых дорог и реконструкция существующих требуют применения эффективных мероприятий по улучшению качества дорожного движения путем повышения транспортно-эксплуатационного уровня уже сложившейся сети. Одним из материалов, обеспечивающих транспортно-эксплуатационные показатели земляного полотна, является песок.

Историко-геологические условия формирования горных пород влияют на их физические и механические свойства: разные месторождения данной горной породы имеют разные характеристики. В свою очередь, разные категории дорог воспринимают разные нагрузки, как статические (от действия вышерасположенного дорожного полотна и элементов обустройства проезжей части), так и динамические (движение транспорта).

Необходимым при выполнении изысканий и определения условий строительства является установление инженерно-геологических параметров горных пород [1–4]. В частности, деформационные параметры характеризуют поведение грунта под нагрузками, не превышающими критические и, следовательно, не приводящими к разрушению. Эти свойства можно выразить двумя парами показателей: либо модулем деформации и коэффициентом Пуассона, либо модулями сдвига и объемного сжатия [8–10].

Климатические условия и сезонные колебания температур приводят к изменению фазового состояния воды в поровом пространстве. Морозное пучение является результатом деформации увлажненного грунта под действием отрицательной температуры. Влага, находящаяся в глинах, пылеватых суглинках и песках мелкой фракции, расширяется при переходе в твердую фазу – лёд. В результате возможно появление неровностей дорожного полотна в осенне-зимний период эксплуатации и провалы в весенне-летний (в результате оттаивания и просадки грунта земляного полотна и основания). Как правило, деформации возникают неравномерно (например, образование трещин, усадок и выемок). При отсутствии утепления или при недостаточном слое дорожной насыпи пучинистый грунт основания попадает в зону воздействия отрицательных температур.

Основная работа теплоизоляционного ковра в дорожной конструкции – уменьшение глубины сезонного промерзания в зоне расположения ковровой теплоизоляции. Благодаря этому можно «оттянуть» кривую промерзания, доведя ее до зоны расположения слоя непучинистого насыпного грунта в дорожной конструкции.

Прослойка из более крупного песка в элементах автомобильных дорог позволяет снижать деформации пучения при промерзании конструкции, в которой в пределах зоны переменных температур имеются пучинистые грунты (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения насыпи на пучинистом грунте

Потому важное значение имеет определение деформационных характеристик грунта местных карьеров с целью обоснования технологической и экономической целесообразности его применения на конкретном объекте или же принятия решения о необходимости замены на привозной.

Пример конструктива автомобильной дороги (сверху вниз):

двухслойное покрытие:

- верхний слой – асфальтобетон плотный мелкозернистый на БНД марки 60/90, II марки, тип Б, толщиной 0,05 м;

- нижний слой – асфальтобетон пористый крупнозернистый на БНД марки 60/90, II марки, толщиной 0,06 м;

основание:

- верхний слой – черный щебень толщиной 0,08 м;

- нижний слой – фракционированный щебень, укладываемый по способу заклинки, толщиной 0,15 м;

- подстилающий песок крупный толщиной 0,25 м;

- грунт земляного полотна – суглинок легкий.

Стандартные методики испытания песка по ГОСТ 12248-2010 адаптированы оборудованием ГЕОТЕК для определения характеристик грунта. Лабораторные испытания позволяют определить деформационные свойства в условиях, моделирующих работу грунта в сооружении [1–7]. Наиболее часто деформационные свойства грунтов определяются при статическом нагружении. Однако для дорожного и антисейсмического строительства изучение деформационных свойств грунтов производится также при действии вибрации, переменных нагрузок и т. д.

Научные исследования характеристик грунтов студентами и магистрантами кафедры «Геотехника и дорожное строительство» направлены на определение области применения горных пород путем проведения испытаний в компрессионных одометрах [5–7], произведенных компанией ООО НПП «Геотек», и работы с программным обеспечением «ГЕОТЕК АСИС» с целью установить деформационные показатели песка средней крупности в условиях компрессионного сжатия, такие, как компрессионный модуль деформации, одометрический модуль деформации.

Одним из важных этапов определения геологических условий на строительной площадке являются лабораторные испытания образцов грунта. По установленной стандартизированной технологии из массива грунта с помощью колонкового бурения извлекаются объемы грунта, которые при соблюдении технологий формирования образца и транспортировки можно испытывать в лабораторных условиях для определения деформационных и прочностных характеристик. Только в совокупности с данным видом испытаний геологическая разведка участка полевыми методами может считаться достоверной и полной.

В практике лабораторных исследований грунтов можно выделить широко используемые и специализированные методы. К широко используемым в практике можно отнести испытания в приборах компрессионного сжатия и одноплоскостного среза. Данные методики являются стандартизированными уже многие десятилетия. В последнее время к ним добавился третий, чуть более сложный в исполнении метод – испытание в стабилометре по методике трехосного сжатия.

Ниже приведены результаты анализа экспериментальных данных, полученных с учебной целью, для установленного образца грунта – песка среднего рыхлого в сухом и в увлажненном состояниях. Данный грунт испытывался в приборах компрессионного сжатия в соответствии с методикой [4]. Вид нагружения и схема испытания представлены в табл. 1.

Наиболее важным деформационным свойством грунта является сжатие. Сжимаемостью (*уплотнением*) называют способность горной породы уменьшаться в объеме в результате внешнего воздействия. **Характер уплотнения напрямую зависит от структуры грунта**, минералогического и гранулометрического состава, рыхлости, структуризации внутренних связей и вида нагрузки. После обработки результатов испытания были установлены зависимости абсолютных вертикальных деформаций от вертикальных напряжений (рис. 2).

Виды и количество испытаний

№	Прибор	Описание грунта	Вид нагружения/ схема испытания	Стандарт
1	Компрессионный одометр	Песок средний рыхлый ($e=1,03$) в сухом состоянии	Ступенчатое нагружение 50-75-100-125-150-250 кПа	ГОСТ-12248 (п. 5.4)
2	Компрессионный одометр	Песок средний рыхлый ($e=1,03$) в сухом состоянии	Ступенчатое нагружение 50-100-150-250-450 кПа	ГОСТ-12248 (п. 5.4)
3	Компрессионный одометр	Песок средний рыхлый ($e=1,12$) в увлажненном состоянии	Ступенчатое нагружение 50-100-150-250 кПа	ГОСТ-12248 (п. 5.4)
4	Компрессионный одометр	Песок средний рыхлый ($e=1,12$) в увлажненном состоянии	Ступенчатое нагружение 50-100-150-250-450 кПа	ГОСТ-12248 (п. 5.4)

Основные физические характеристики исследуемого грунта сведены в табл. 2.

Характеристики образцов грунта

Грунт	Физические характеристики			
	плотность частиц, $\gamma_s, \frac{\text{гр}}{\text{см}^3}$	плотность, $\gamma, \frac{\text{гр}}{\text{см}^3}$	влажность, $\omega, \%$	пористость, e
Песок мелкий рыхлый в воздушно-сухом состоянии	2,65	1,3	0	1,03
Песок мелкий рыхлый в водонасыщенном состоянии	2,65	1,3	100	1,03

Уплотнение водонасыщенного грунта происходит вследствие удаления воды из пор, при этом влажность грунта уменьшается. Уплотнение не полностью водонасыщенных грунтов до определенных давлений может происходить без изменения их влажности. Понижение расчетной влажности грунта земляного полотна и соответствующее повышение расчетных значений прочностных характеристик грунта происходят за счет снижения влагонакопления в процессе морозного пучения. Так как уплотнение грунта происходит главным образом вследствие уменьшения объема пор, то деформацию сжатия грунта выражают через изменение величины коэффициента пористости, а в случае полного водонасыщения – и через изменение влажности (рис. 3).

По результатам компрессионных испытаний, зная коэффициенты пористости (или относительные деформации) грунта при соответствующих ступенях нагрузки, можно построить компрессионную кривую. Полученные экспериментальные данные компрессионных испытаний удобно изображать зависимостью, построенной либо на равномерной, либо на полулогарифмической координатной сетках. Графики зависимости изменения коэффициента пористости от вертикальных напряжений представлены на рис. 3.

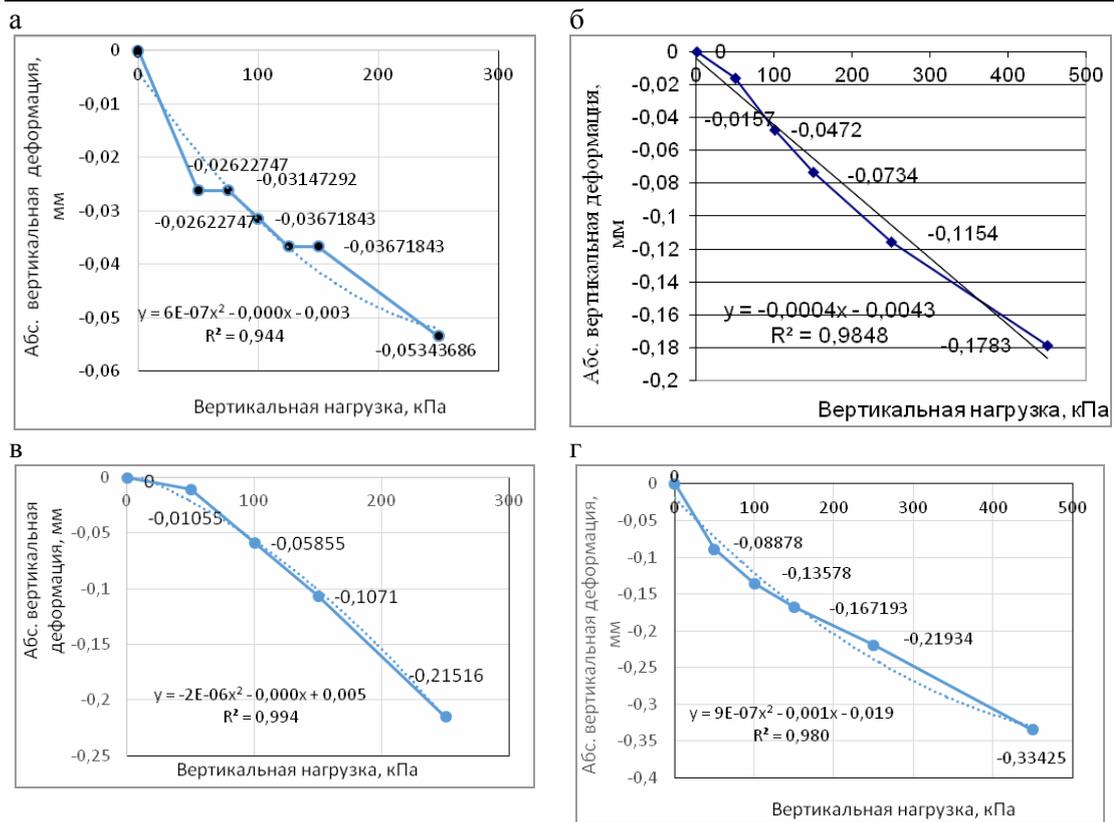


Рис. 2. Графики зависимости вертикальных деформаций от вертикальных нагрузок по результатам испытаний образцов песка в сухом и увлажненном состоянии в компрессионном приборе. Рисунки а, б, в и г соответствуют номерам испытаний 1, 2, 3 и 4 из табл. 1

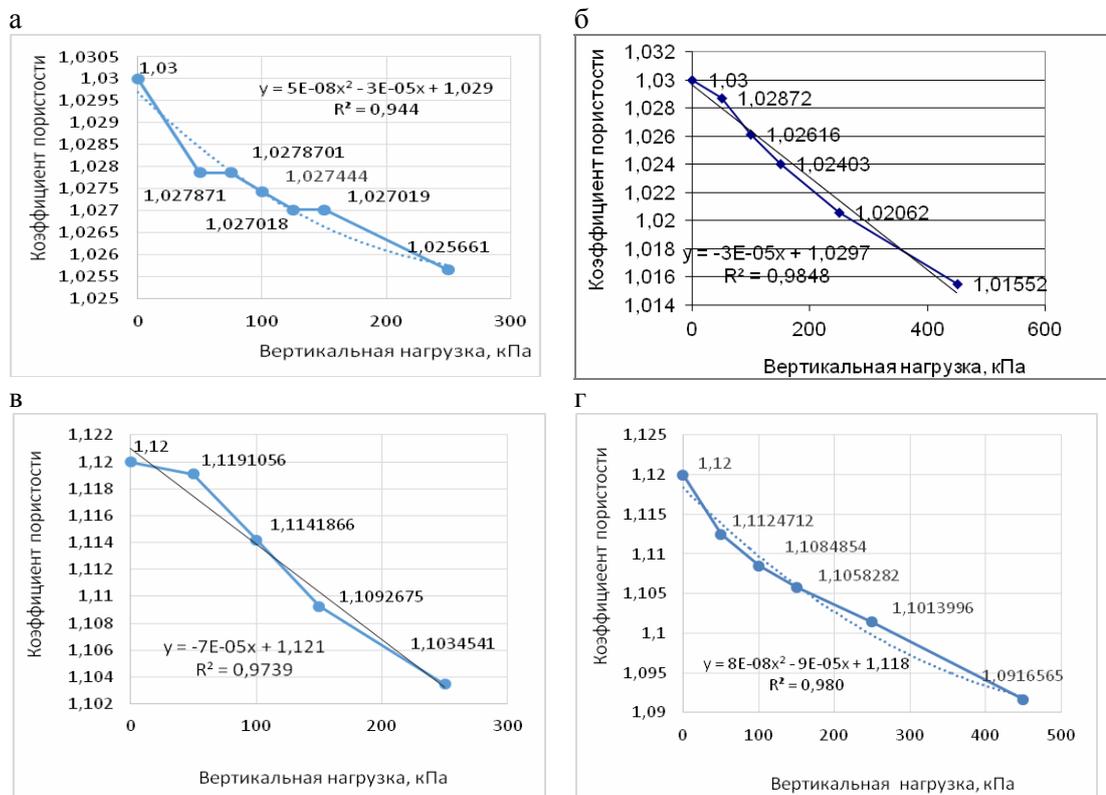


Рис. 3. Компрессионная кривая по результатам испытаний образцов песка в сухом и увлажненном состоянии в компрессионном приборе.

Рисунки а, б, в и г соответствуют номерам испытаний 1, 2, 3 и 4 из табл. 1

Анализ полученных данных показал, что процесс ступенчатого нагружения испытуемого образца оказывает большое влияние на показатель сжатия. Проведенные опыты позволили сделать вывод, что при увеличении скорости приложения и ступеней вертикальной нагрузки сжимаемость пород увеличивается. В опытах, проведенных в лаборатории ПГУАС на оборудовании ООО НПП «Геотек», нарастание сдвигания проходит гораздо быстрее, чем в естественных условиях при выполнении строительных работ и последующей эксплуатации объекта, поэтому результаты могут быть несколько завышенными. Обработка полученных результатов показала, что в действительности осадки сооружений зачастую оказываются меньшими, чем в расчетах по данным испытаниям.

Построив компрессионные кривые, для каждой ступени нагружения вычисляем деформационные показатели грунта, которые сведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Набор деформационных характеристик для приведенного грунта

№	Описание грунта	Вид нагружения/схема испытания	Деформационные показатели: m_0 – коэффициент сжимаемости грунта, МПа ⁻¹ E_k – компрессионный модуль деформации, МПа E_{ord} – одонометрический модуль деформации, МПа
1	2	3	4
1	Песок средний рыхлый ($e=1,03$) в сухом состоянии	Ступенчатое нагружение 50-75-100-125-150-250 кПа	0-50 кПа: $m_0 = 0,0427 \text{ МПа}^{-1}$, $E_k = 38,3 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 47,67 \text{ МПа}$ 50-100 кПа: $m_0 = 0,0084 \text{ МПа}^{-1}$, $E_k = 188,81 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 238,1 \text{ МПа}$ 100-150 кПа: $m_0 = 0,0082 \text{ МПа}^{-1}$ $E_k = 184,51 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 238,2 \text{ МПа}$ 150-250 кПа: $m_0 = 0,0131 \text{ МПа}^{-1}$ $E_k = 121,3 \text{ МПа}$ $E_{ord} = 150,1 \text{ МПа}$
2	Песок средний рыхлый ($e=1,03$) в сухом состоянии	Ступенчатое нагружение 50-100-150-250-450 кПа	0-50 кПа: $m_0 = 0,026 \text{ МПа}^{-1}$, $E_k = 63,66 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 79,42 \text{ МПа}$ 50-100 кПа: $m_0 = 0,052 \text{ МПа}^{-1}$ $E_k = 31,74 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 39,7 \text{ МПа}$ 100-150 кПа: $m_0 = 0,044 \text{ МПа}^{-1}$ $E_k = 38,2 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 47,66 \text{ МПа}$ 150-250 кПа: $m_0 = 0,034 \text{ МПа}^{-1}$ $E_k = 48,2 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 52,96 \text{ МПа}$

1	2	3	4
			250-450 кПа: $m_0 = 0,0255 \text{ МПа}^{-1}$ $E_k = 63,6 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 86,65 \text{ МПа}$
3	Песок средний рыхлый ($e=1,12$) в увлажненном состоянии	Ступенчатое нагружение 50-100-150-250 кПа	0-50 кПа: $m_0 = 0,018 \text{ МПа}^{-1}$, $E_k = 94,22 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 118,46 \text{ МПа}$ 50-100 кПа: $m_0 = 0,0098 \text{ МПа}^{-1}$ $E_k = 17,3 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 21,55 \text{ МПа}$ 100-150 кПа: $m_0 = 0,098 \text{ МПа}^{-1}$, $E_k = 17,23 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 21,56 \text{ МПа}$ 150-250 кПа: $m_0 = 0,058 \text{ МПа}^{-1}$, $E_k = 29,14 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 36,6 \text{ МПа}$
4	Песок средний рыхлый ($e=1,12$) в увлажненном состоянии	Ступенчатое нагружение 50-100-150-250-450 кПа	0-50 кПа: $m_0 = 0,151 \text{ МПа}^{-1}$, $E_k = 11,22 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 14,07 \text{ МПа}$ 50-100 кПа: $m_0 = 0,077 \text{ МПа}^{-1}$, $E_k = 21,28 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 26,6 \text{ МПа}$ 100-150 кПа: $m_0 = 0,051 \text{ МПа}^{-1}$, $E_k = 31,8 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 40,1 \text{ МПа}$ 150-250 кПа: $m_0 = 0,043 \text{ МПа}^{-1}$, $E_k = 38,4 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 47,8 \text{ МПа}$ 250-450 кПа: $m_0 = 0,047 \text{ МПа}^{-1}$, $E_k = 34,7 \text{ МПа}$, $E_{ord} = 43,5 \text{ МПа}$

Деформационные характеристики песка в увлажненном состоянии оказались хуже по сравнению с тем же грунтом в сухом состоянии. Это было ожидаемо, так как в увлажненном состоянии данная горная порода в большей степени подвержена механическому воздействию, в частности уплотнению, например при послойной отсыпке на стадии возведения земляного полотна. Поэтому выполненные научные исследования деформационных характеристик имеют важное прикладное значение.

Полученные данные компрессионных испытаний песка показывают эффективность применения естественных грунтов с целью уменьшения объема дорогостоящих материалов, используемых для обеспечения морозоустойчивости. Качественно выполненный анализ деформационных характеристик карьерных материалов для дорожного строительства позволяет выбрать материал с оптимальными характеристиками с целью увеличения срока службы конструкции вследствие исключения периодически возникающих деформаций морозного пучения.

Список литературы

1. Болдырев, Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов с комментариями к ГОСТ 12248-2010: монография / Г.Г. Болдырев. – 2-е изд., доп. и испр. – М.: ООО «Прондо», 2014. – 812 с.
2. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – URL: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost_25100_2011.pdf. Дата обращения: 18.01.2020.
3. ГОСТ 30416-2012. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096093>. Дата обращения: 18.01.2020.
4. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12248-2010>. Дата обращения: 18.01.2020.
5. Прочностные характеристики грунтов в условиях прямого среза по методу ГОСТ 12248 / Ю.В., Грачева Н.И. Тарасеева, М.С. Хрипунова, А.С. Крылов // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2021. – №2 (33). – С. 99–103.
6. Тарасеева, Н.И. Обзор методики применения приборов компрессионного сжатия и одноплоскостного среза в исследовательской деятельности магистрантов / Н.И. Тарасеева, Ю.В. Грачева, А.С. Володин // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2020. – №2 (11). – С.67–72.
7. Грачева, Ю.В. Испытание грунта методом компрессионного сжатия в научно-исследовательской деятельности студентов / Ю.В. Грачева, М.С. Игольников, Д.П. Крюков, И.В. Анненков // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2021. – №5 (36). – С. 81–88.
8. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 (с изменением № 1). – М., 2016.
9. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Дата введения 1998-03-01. – М., 1997.
10. СП 50-102-2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов. Свод правил по проектированию и строительству: одобрен для применения постановлением Госстроя России N 96 от 21 июня 2003 г. – М., 2003.

References

1. Boldyrev, G.G. Methods for determining the mechanical properties of soils with comments to GOST 12248-2010: monograph / G.G. Boldyrev. – 2nd ed., add. and ispr. – M.: LLC «Prondo», 2014. – 812 p.
2. GOST 25100-2011. Soils. Classification. – URL: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost_25100_2011.pdf. Date of application: 18.01.2020.
3. GOST 30416-2012. Soils. Laboratory tests. General provisions. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096093>. Date of application: 18.01.2020.
4. GOST 12248-2010. Soils. Methods of laboratory determination of strength and deformability characteristics. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12248-2010>. Date of application: 18.01.2020.
5. Strength characteristics of soils in conditions of a direct cut according to the GOST 12248 method / Yu.V. Gracheva, N.I. Taraseeva, M.S. Khripunova, A.S. Krylov // Education and science in the modern world. Innovation. – 2021. – No. 2 (33). – P. 99–103.
6. Taraseeva, N.I. Review of the methodology for the use of compression compression and single-plane slice devices in the research activities of undergraduates / N.I. Taraseeva, Yu.V. Gracheva, A.S. Volodin // Vestnik PGUAS: construction, science and education. – 2020. – №2 (11). – P.67–72.
7. Gracheva, Yu.V. Soil testing by compression compression in the research activities of students / Yu.V. Gracheva, M.S. Igolnikov, D.P.Kryukov, I.V. Annenkov // Education and science in the modern world. Innovation. – 2021. – No. 5 (36). – P. 81–88.

8. SP 47.13330.2016. Engineering surveys for construction. Basic provisions. Updated version of SNiP 11-02-96 (with Amendment No. 1). – M., 2016.

9. SP 11-105-97. Engineering and geological surveys for construction. Date of introduction 1998-03-01. – M., 1997.

10. SP 50-102-2003. Design and installation of pile foundations. Code of Rules for Design and Construction: Approved for use by the Decree of the State Construction Committee of Russia No. 96 of June 21, 2003. – M., 2003.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Хвастунов Алексей Викторович,
кандидат технических наук, директор
ООО «Проектно-конструкторское бюро «Зодчий»
E-mail: alexey_pnz@mail.ru

Махамбетова Камажай Нурабуллаевна,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Технологии строительных
материалов и деревообработки»
E-mail: knmakhambetova@gmail.com

Хвастунов Виктор Леонтьевич,
доктор технических наук, профессор
E-mail: techbeton@pguas.ru

Боченков Илья Сергеевич,
студент
E-mail: techbeton@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Khvastunov Aleksey Viktorovich,
Candidate of Sciences, Director of the
LLC «Design and construction Bureau «Zodchiy»
E-mail: alexey_pnz@mail.ru

Makhambetova Kamazhay Nurabullayevna,
Candidate of Sciences, Associate Professor
of the department «Building Materials and
Woodworking Technology»
E-mail: knmakhambetova@gmail.com

Khvastunov Viktor Leontievich,
Doctor of Sciences, Professor
E-mail: techbeton@pguas.ru

Bochenkov Ilya Sergeevich,
Student
E-mail: techbeton@pguas.ru

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОПЫТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ДОРОЖНЫХ ПЛИТ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ

А.В. Хвастунов, К.Н. Махамбетова, В.Л. Хвастунов, И.С. Боченков

Приведены результаты испытания дисперсно-армированных предварительно напряженных железобетонных дорожных плит, изготовленных на технологических линиях безопалубочного формования, на прочность и трещиностойкость. Установлено, что при нагрузке 2,73 тонны (величина контрольной нагрузки при испытании плиты на трещиностойкость) прогиб дисперсно-армированных плит составил 2,4-2,7 мм без появления микротрещин как в нижней зоне плиты, так и на ее боковых поверхностях. При нагрузке 5 тонн (величина контрольной нагрузки при испытании плиты на прочность при сжатии) прогиб плит составил 4,5-5,5 мм и также без появления микротрещин в плите. Длительное выдерживание дорожных плит под нагрузкой 9,6 тонны (прогиб 7-8 мм) также не привело к появлению микротрещин на поверхностях испытываемых плит. Отмечено, что по показателям прочности и трещиностойкости изготовленные изделия имеют многократный запас контролируемых параметров, отражающих высокое качество дисперсно-армированных предварительно напряженных железобетонных дорожных плит безопалубочного формования.

Ключевые слова: предварительно напряженные железобетонные дорожные плиты, дисперсное армирование, безопалубочное формование, прочность при сжатии, трещиностойкость

PRODUCTION EXPERIENCE IN THE MANUFACTURE OF DISPERSED-REINFORCED PRESTRESSED ROAD SLABS WITHOUT FORMWORK MOLDING

A.V. Khvastunov, K.N. Makhambetova, V.L. Khvastunov, I.S. Bochenkov

The article presents the results of testing dispersed-reinforced prestressed reinforced concrete road slabs manufactured on technological lines of formwork molding for strength and crack

resistance. It was found that under a load of 2.73 tons (the value of the control load when testing the plate for crack resistance), the deflection of the dispersed-reinforced plates was 2.4-2.7 mm without the appearance of microcracks, both in the lower zone of the plate and on its side surfaces. With a load equals to 5 tons (the value of the control load when testing the plate for compressive strength), the deflection of the plates was 4.5-5.5 mm and also without the appearance of microcracks in the plate. Long-term maintenance of road slabs under a load of 9.6 tons, respectively (deflection of 7-8 mm) also did not reveal the appearance of microcracks on the surfaces of the tested slabs. Consequently, in terms of strength and crack resistance, manufactured products have a multiple supply of controlled parameters reflecting a high quality of dispersed-reinforced prestressed reinforced concrete road slabs of formwork molding.

Keywords: prestressed reinforced concrete road slabs, dispersed reinforcement, formless molding, compressive strength, crack resistance

В связи с интенсивным развитием строительного комплекса в жилищном, промышленном, общественном, специальном и других направлениях с использованием высокотоннажной строительной техники актуален вопрос создания надежных долговечных путей доставки строительных изделий и оборудования к местам объектов строительства. Важнейшую роль в решении этой сложной задачи может сыграть широкое применение высокопрочных долговечных дорожных плит с обычным армированием и армированием предварительно напряженной арматурой. По нашему мнению, перспективным направлением реализации поставленных задач является использование дорожных плит на основе бетона повышенной прочности, дисперсного армирования, предварительно напряженной арматуры и применение современной технологии безопалубочного формования [1–2].

Современные предварительно-напряженные железобетонные дорожные плиты относятся к конструкциям сборного и монолитного типов с разнообразной геометрической конфигурацией и применяются при строительстве и обустройстве автомобильных дорог и аэродромов. Бетонные дорожные плиты способны сохранять требуемые физико-механические характеристики при высоких температурных перепадах, в суровых климатических условиях, не боятся влаги, а также способны равномерно распределять по всему полотну и выдерживать значительные нагрузки от всех видов транспорта и даже тяжелой техники весом до 160–200 тонн, тем самым минимизируя весовое и механическое воздействие на подземные коммуникационные магистрали, которые нередко находятся под покрытием. Кроме того дорожные плиты из железобетона используются в качестве элементов конструкции дорожных покрытий разнообразного типа [3–4].

Начиная с 1980 г. по настоящее время в России эксплуатируется более 300 зарубежных технологических линий безопалубочного формования железобетонных изделий. Последние годы характерной чертой модернизации технологий безопалубочного формования является замена сложных и дорогостоящих иностранных формовочных машин фирм *Wielor Italia* (Италия), *Echo* (Бельгия) на более простые и надежные формовочные машины, разработанные АО «Строительные технологии и машины».

На протяжении почти 20 лет технологическая линия безопалубочного формования по производству предварительно напряженных строительных изделий и конструкций эффективно работает на предприятии сборного железобетона Пензенского управления строительства.

Целью данной работы является освещение опыта изготовления дисперсно-армированных предварительно напряженных железобетонных дорожных плит стендовым способом на линиях безопалубочного формования и выявление их работоспособности и долговечности в эксплуатационных условиях.

Как известно, низкомарочные бетоны в производстве бетонных дорожных плит не могут быть эффективными с точки зрения дисперсного армирования, так как не обеспечивается надлежащее сцепление фибры с бетоном, что негативно сказывается на трещиностойкости и несущей способности изделий. Поэтому при изготовлении дорожных плит для приготовления бетонной смеси применялся портландцемент марки ПЦ500Д0, в качестве мелкого заполнителя использовался кварцевый песок с модулем

крупности $M_{кр}=1,67$, в качестве крупного заполнителя – щебень из плотных горных пород с наибольшим размером 20 мм, марками по дробимости 1200, по морозостойкости F200, гиперпластификатор, фибра металлическая длиной 20 мм, толщиной 0,3 мм, питьевая вода. В качестве арматуры в продольном направлении использовалась проволочная арматура класса Вр-II диаметром 5 мм (12Ø5 Вр-II в нижней зоне и 12Ø5 Вр-II в верхней зоне сечения). Напряжение напрягаемой проволочной арматуры осуществлялось механическим способом. Значения напряжения в напрягаемой арматуре составляло 7000–9000 кгс/см². Натяжение напрягаемой арматуры на всю длину плит обеспечивает необходимую степень обжатия бетона в процессе их производства и в условиях эксплуатации дорожных покрытий. Расход металлической фибры составлял 75 кг/м³ в бетонной смеси. Приготовление бетонной смеси осуществлялось с соблюдением установленных технических норм и параметров; класс смеси по прочности – не ниже В27,5-В30, плотность смеси – в пределах 2200–2500 кг/м³. При тепловлажностной обработке соблюдали режимы твердения с температурой изотермической выдержки не более 60°C и скоростью подъема температуры и охлаждения изделий не более 10°C/ч.

Испытание дорожных дисперсно-армированных плит стендового безопалубочного формования по прочности и трещиностойкости проводилось по схеме, приведенной на рис. 1 [4].

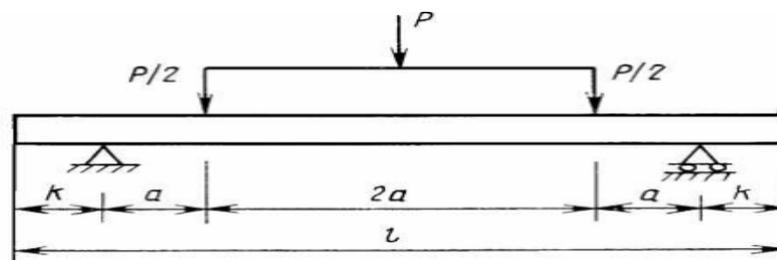


Рис. 1. Схема испытания дорожной плиты

Общий вид изготовленных дисперсно-армированных предварительно-напряженных дорожных плит и их испытания на прочность и трещиностойкость приведены на рис. 2.

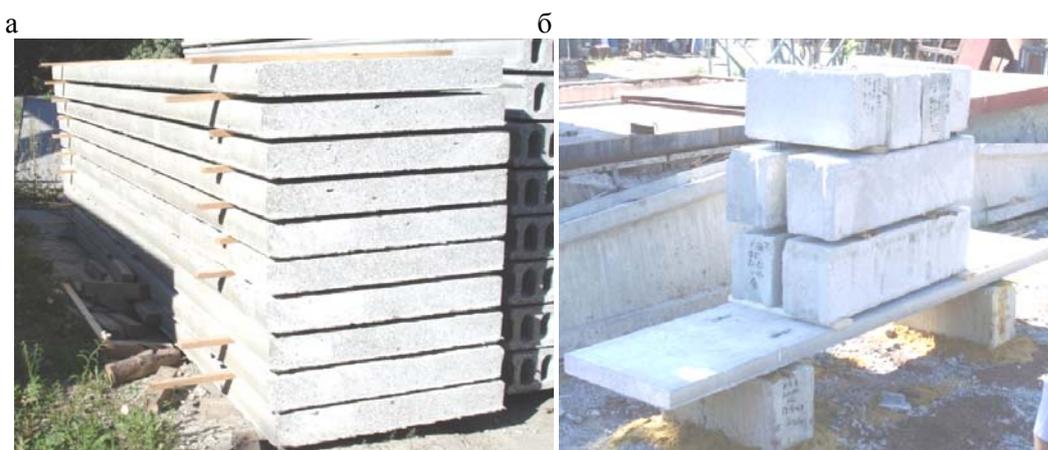


Рис. 2. Общий вид изготовленных дисперсно-армированных железобетонных плит (а) и их испытания на прочность и трещиностойкость (б)

Фактическая прочность при сжатии бетона на момент испытания составляла в образцах-кубах с размерами 100х100х100 мм $R_{сж}^6=47,5$ МПа, а прочность при сжатии бетона в плите $R_{сж}^6=44,6$ МПа. Расчетная масса каждой дорожной плиты составила 2,5 тонны. Значения контрольной нагрузки при испытании плит по прочности и трещиностойкости принимали с учетом напряжения в напрягаемой арматуре и ширины плиты. Контрольная нагрузка (без учета собственного веса плиты) при испытании

плиты на прочность при сжатии составила 5,0 тонн, по трещиностойкости – 2,73 тонны.

Нагрузка на каждую дорожную плиту при испытании на прочность и трещиностойкость осуществлялась бетонными блоками поэтапно с длительной выдержкой на ступенях, соответствующих прочности и деформативности плиты. Деформации плит измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, также дополнительно металлической линейкой с ценой деления 1 мм измерялся соответствующий прогиб плит при нагрузках, близких к разрушающим или превышающих их в несколько раз. Появление трещин на боковой и нижней поверхностях плиты фиксировали визуально и с помощью отсчетного микроскопа типа МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм [5, 6].

Результаты испытания показали, что при нагрузке, равной 2,73 тонны (величина контрольной нагрузки при испытании плиты на трещиностойкость), прогиб дисперсно-армированных плит составил 2,4–2,7 мм без появления микротрещин как в нижней зоне плиты, так и на ее боковых поверхностях. При нагрузке, равной 5 тонн (величина контрольной нагрузки при испытании плиты на прочность), прогиб плит составил 4,5–5,5 мм и также без появления микротрещин в плите. Длительное выдерживание дорожных плит под нагрузкой, равной 9,6 тонны (прогиб 7–8 мм), также не привело к появлению микротрещин на поверхностях испытываемых плит. Следовательно, по показателям прочности и трещиностойкости изготовленные изделия имеют многократный запас контролируемых параметров, отражающих высокое качество дисперсно-армированных предварительно-напряженных железобетонных дорожных плит безопалубочного формования.

Таким образом, по результатам проведенных испытаний можно сделать вывод, что дисперсно-армированные предварительно напряженные железобетонные дорожные плиты стендового безопалубочного формования, изготовленные из тяжелого бетона, рекомендуются для устройства сборных покрытий постоянных дорог под автомобильную нагрузку Н-30 [4]. Для выявления качества изделий по долговечности и особенностей поведения дорожных плит в эксплуатационных условиях был построен участок дороги из опытно-производственной партии дисперсно-армированных предварительно напряженных железобетонных дорожных плит. Более чем трехлетний период эксплуатации участка дороги из данных дорожных плит показал их высокую надежность в сложнейших условиях эксплуатации, которые характеризовались высокими динамическими нагрузками от проезда многотоннажных грузовых машин и воздействиями (насыщение, высушивание, замораживание и оттаивание), характерными для окружающей среды.

Список литературы

1. Баженов, Ю.М. Технология бетона, строительных изделий и конструкций / Ю.М. Баженов [и др.]. – М., Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 480 с.
2. Хвастунов, А.В. Повышение эксплуатационных свойств бетонных плит различного назначения / А.В. Хвастунов // Строительные материалы. – 2008. – №10. – С. 39–42.
3. Калашников, В.И. Физико-механические и гигрометрические свойства порошково-активированных высокопрочных щебеночных бетонов и фибробетонов с низким удельным расходом цемента на единицу прочности / В.И. Калашников, А.В. Хвастунов, В.Л. Хвастунов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2011. – №5. – С. 161–164.
4. ГОСТ 21924.0-84. Плиты железобетонные для покрытий городских дорог. Технические условия. – М., 1984.
5. ГОСТ 33148-2014. Плиты дорожные железобетонные. Технические требования. – М., 2014.

6. ГОСТ 8829-2018. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. – М., 2018.

Referenses

1. Bazhenov, Yu.M. Technology of concrete, building products and structures / Yu.M. Bazhenov [etc.] / Yu.M. Bazhenov. – М., Vologda: Infra-Engineering, 2022. – 480 p.
2. Khvastunov, A.V. Improving the performance properties of concrete slabs for various purposes / A.V. Khvastunov // Construction materials. – 2008. – No. 10. – P. 39–42.
3. Kalashnikov, V.I. Physical-mechanical and hygrometric properties of powder-activated high-strength crushed stone concretes and fiber-reinforced concretes with low specific consumption of cement per unit strength / V.I. Kalashnikov, A.V. Khvastunov, V.L. Khvastunov // Scientific and technical bulletin of the Volga region. – 2011. – No. 5. – P. 161–164.
4. GOST 21924.0-84. Reinforced concrete slabs for urban road surfaces. Specifications. – М., 1984.
5. GOST 33148-2014. Reinforced concrete road slabs. Technical requirements. – М., 2014.
6. GOST 8829-2018. Prefabricated reinforced concrete and concrete building products. Load test methods. Rules for assessing strength, stiffness and crack resistance. – М., 2018.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

STANDARDIZATION AND QUALITY MANAGEMENT

УДК 005.96-047.44:334.71

*Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства*
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Макарова Людмила Викторовна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Управление качеством и технология
строительного производства»
E-mail: mak.78_08@inbox.ru

Давлатов Амирджон Сафаралиевич,
студент

*Penza State University of Architecture
and Construction*
Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Makarova Lyudmila Viktorovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
department «Quality Management and
Construction Technologies»
E-mail: mak.78_08@inbox.ru

Davlatov Amirjon Safaralievich,
Student

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ АНАЛИЗА КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Л.В. Макарова, А.С. Давлатов

В современных условиях конкуренции одной из главных задач промышленных предприятий является эффективное управление их кадровым потенциалом. Для эффективного управления кадровым потенциалом необходима его объективная оценка, которая позволит оперативно управлять предприятием, определять те направления инновационного развития, которые помогут обеспечить его конкурентоспособность, а также устойчивость и гибкость в случае изменения внешних условий. Авторами предложен комплексный подход к оценке кадрового потенциала предприятия и приведён конкретный пример реализации данного подхода на одном из предприятий строительной отрасли г. Пензы.

Ключевые слова: управление человеческими ресурсами, индекс кадрового потенциала, конкурентоспособность

METHODOLOGICAL APPROACH TO THE ANALYSIS OF HUMAN POTENTIAL OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

L.V. Makarova, A.S. Davlatov

In today's competitive environment, one of the main tasks of industrial enterprises is the effective management of their human resources. For the effective management of human resources, its objective assessment is necessary, which will allow you to quickly manage the enterprise, determine those areas of innovative development that will help ensure its competitiveness, as well as stability and flexibility in case of changing external conditions. The article proposes a comprehensive approach to assessing the personnel potential of an enterprise and provides a specific example of the implementation of this approach at one of the enterprises in the construction industry in Penza.

Keywords: human resource management, human resources index, competitiveness

Высокий уровень конкуренции в отрасли вынуждает предприятия планировать свою деятельность с учетом не только конъюнктуры рынка, но и своих ресурсных возможностей, включая трудовые ресурсы [1, 2]. В современных условиях это является важным фактором, так как текучесть кадров во многих сферах довольно высокая, а нанять нового работника стоит дороже, чем удержать уже работающего [3, 4].

В современной практике управления трудовыми ресурсами большое значение имеет понятие «кадровый потенциал» – совокупность способностей и возможностей кадров, которая позволяет обеспечить эффективное функционирование организации [5, 6].

Для обеспечения предприятия высококвалифицированными специалистами, способными реализовать его цели, существует система управления кадровым потенциалом [7].

Процедура анализа кадрового потенциала предприятия представлена на рис. 1.



Рис. 1. Алгоритм оценки кадрового потенциала

Задачей системы управления персоналом является не только удовлетворение потребностей организации в укомплектовании персоналом, но и наиболее полное удовлетворение потребностей работников.

В табл. 1 предложен перечень критериев, позволяющих провести объективную оценку кадрового потенциала промышленного предприятия.

Комплексный анализ кадрового потенциала осуществляли на примере ООО «Бетониум» г. Пензы. Результаты расчётов представлены в табл. 1.

Значения основных критериев кадрового потенциала ООО «Бетониум»
за период 2018-2022 гг.

Значения критериев кадрового потенциала				
2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
$K_{\text{кол.у}}$ – коэффициент количественной укомплектованности				
$K_{\text{кол.у}} = \frac{\text{ФЧР}}{\text{ПЧР}}$		где ФЧР – фактическая численность сотрудников ПЧР – плановая численность сотрудников		
$K_{\text{кол.у}}=0,67$	$K_{\text{кол.у}}=0,78$	$K_{\text{кол.у}}=0,78$	$K_{\text{кол.у}}=0,89$	$K_{\text{кол.у}}=1$
$K_{\text{кач.у}}$ – коэффициент качественной укомплектованности				
$K_{\text{кач.у}} = \frac{P}{D}$		где P – профессионально-квалификационный уровень сотрудников D – занимаемая должность		
$K_{\text{кач.у}}=1$	$K_{\text{кач.у}}=1$	$K_{\text{кач.у}}=1$	$K_{\text{кач.у}}=0,87$	$K_{\text{кач.у}}=0,78$
$K_{\text{ск}}$ – коэффициент стабильности кадров				
$K_{\text{ск}} = \frac{G}{S}$		где G – количество лиц, имеющих стаж в данной сфере от 3 лет S – среднесписочная численность персонала за рассматриваемый период		
$K_{\text{ск}}=0,83$	$K_{\text{ск}}=0,71$	$K_{\text{ск}}=0,71$	$K_{\text{ск}}=0,44$	$K_{\text{ск}}=0,22$
$K_{\text{а}}$ – коэффициент аттестации (рабочие места аттестованы, $K_{\text{а}} = 1$)				
$K_{\text{мпю}}$ – коэффициент материальной привлекательности отрасли				
$K_{\text{мпю}} = \frac{\text{ЗП}_{\text{пр}}}{\text{ЗП}_{\text{обл}}}$		где $\text{ЗП}_{\text{пр}}$ – средняя заработная плата на предприятии $\text{ЗП}_{\text{обл}}$ – средняя заработная плата по региону		
$K_{\text{мпю}}=0,69$	$K_{\text{мпю}}=0,72$	$K_{\text{мпю}}=0,60$	$K_{\text{мпю}}=0,74$	$K_{\text{мпю}}=0,66$
$K_{\text{сов}}$ – коэффициент совмещения работ				
$K_{\text{сов}} = \frac{\text{Число сов.раб.}}{K_{\text{с.ч}}}$		Соотношение рабочих, совмещающих работу, к общей численности работников на данный период		
$K_{\text{сов}}=0,17$	$K_{\text{сов}}=0,14$	$K_{\text{сов}}=0,14$	$K_{\text{сов}}=0,13$	$K_{\text{сов}}=0,11$
$K_{\text{пов.кв}}$ – коэффициент повышения квалификации сотрудников				
$K_{\text{пов.кв}} = \frac{\text{Число пов.квал.}}{K_{\text{с.ч}}}$		$K_{\text{пов.кв}}$ – доля сотрудников в общей численности, повысивших квалификацию		
$K_{\text{пов.кв}}=0,33$	$K_{\text{пов.кв}}=0,29$	$K_{\text{пов.кв}}=0,29$	$K_{\text{пов.кв}}=0,25$	$K_{\text{пов.кв}}=0,11$
$K_{\text{кв}}$ – коэффициент общей квалификации				
$K_{\text{кв}} = 0,4K_{\text{кач.ук}} + 0,3K_{\text{ск}} + 0,2K_{\text{пов.кв}} + 0,1K_{\text{сов}}$		где 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 – значимость факторов, включенных в модель $K_{\text{кач.ук}}$ – соответствие занимаемой должности сотрудника его квалификации (коэффициент качественной укомплектованности) $K_{\text{ск}}$ – доля сотрудников в общей численности, имеющих стаж работы в данной сфере свыше 3 лет (коэффициент стабильности кадров) $K_{\text{пов.кв}}$ – доля сотрудников в общей численности, повысивших квалификацию (коэффициент повышения квалификации сотрудников) $K_{\text{сов}}$ – доля работников в общей численности, совмещающих профессии (коэффициент совмещения работ)		
0,73	0,68	0,68	0,54	0,41

Результаты расчетов индексов кадрового потенциала за период 2018-2022 гг. представлены в табл. 2 и на рис. 2-6.

Значения индексов кадрового потенциала ООО «Бетониум»

Формула расчета, описание показателей		Значения показателей				
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
1		2	3	4	5	6
I_1 – индекс количественной укомплектованности						
$I_1 = \frac{K_{\text{кол.}y_i}}{K_{\text{кол.}y_3}}$	где $K_{\text{кол.}y_i}$ – коэффициент укомплектованности за отчетный год (отношение фактической численности сотрудников к плановой) $K_{\text{кол.}y_3}$ – эталонный коэффициент количественной укомплектованности за рассматриваемый период времени	0,67	0,78	0,78	0,89	1
I_2 – индекс качественной укомплектованности						
$I_2 = \frac{K_{\text{кач.}y_i}}{K_{\text{кач.}y_3}}$	где $K_{\text{кач.}y_i}$ – коэффициент качественной укомплектованности за отчетный год (отношение числа квалифицированных работников к общему числу рабочих мест) $K_{\text{кач.}y_3}$ – эталонный коэффициент качественной укомплектованности за рассматриваемый период времени	1	1	1	0,87	0,78
I_3 – индекс соответствия уровня сложности выполняемых работ уровню квалификации						
I_3	Ранговая шкала: 1 – полностью соответствует 0,75 – в основном соответствует 0,5 – частично соответствует 0,25 – в основном не соответствует 0 – полностью не соответствует	1	1	1	0,75	0,75
I_4 – индекс стабильности кадров						
$I_4 = \frac{K_{\text{ск}_i}}{K_{\text{ск}_3}}$	где $K_{\text{ск}_i}$ – доля сотрудников, проработавших более 3 лет в данной сфере $K_{\text{ск}_3}$ – эталонная (максимальная) доля сотрудников, проработавших более 3 лет в данной сфере	1	0,86	0,86	0,53	0,27
I_5 – индекс производственного травматизма						
I_5	Ранговая шкала: 0 – были случаи получения опасной для жизни травмы 0,5 – были случаи получения травмы средней степени тяжести 0,75 – были случаи получения травмы легкой степени 1 – случаи травматизма отсутствуют	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
I_6 – индекс аттестации рабочих мест						
$I_6 = \frac{K_{a_i}}{K_{a_3}}$	где K_{a_i} – доля фактически аттестованных рабочих мест, % K_{a_3} – эталонная (требуемая) доля аттестованных рабочих мест, %	1	1	1	1	1

1		2	3	4	5	6
<i>I</i> ₇ – индекс материальной привлекательности предприятия						
$I_7 = \frac{K_{\text{мп}0_i}}{K_{\text{мп}0_3}}$	где $K_{\text{мп}0_i}$ – коэффициент соотношения заработной платы в организации со средней заработной платой по региону за отчетный год:	0,93	0,97	0,81	1	0,89
	$K_{\text{мп}0_3}$ – эталонный (максимальный) коэффициент соотношения среднемесячной заработной платы в отрасли со среднемесячной заработной платой по региону за рассматриваемый период времени.					
<i>I</i> ₈ – индекс механизации и автоматизации производства						
<i>I</i> ₈	Ранговая шкала: 0 – низкий уровень 0,25-уровень ниже среднего 0,5 – средний уровень 0,75 – уровень выше среднего 1,0 – высокий уровень	0,75	0,75	1	1	1
<i>I</i> ₉ – индекс удовлетворенности трудом						
<i>I</i> ₉	Ранговая шкала: 1 – полностью удовлетворен 0,75 – по большей части удовлетворен 0,5 – уровень удовлетворенности «средний» 0,25 – по большей части неудовлетворен 0 – полностью неудовлетворен	1	0,75	0,75	0,75	0,75
<i>I</i> ₁₀ – индекс социальной напряженности						
<i>I</i> ₁₀	Ранговая шкала: 1 – конфликты отсутствуют 0,75 – конфликты возникают редко, решение конфликтных ситуаций носит позитивный характер 0,5 – иногда возникают межгрупповые и межличностные конфликты, решение конфликтных ситуаций преимущественно носит позитивный характер 0,25 – конфликты, носящие в большей степени деструктивный характер 0 – напряженная психологическая обстановка в коллективе, частые конфликты с деструктивными последствиями	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<i>I</i> ₁₁ – индекс общей квалификации						
$I_7 = \frac{K_{\text{кв}_i}}{K_{\text{кв}_3}}$	где $K_{\text{кв}_i}$ – коэффициент квалификации за отчетный год	1	0,93	0,93	0,74	0,56
	$K_{\text{кв}_3}$ – эталонный (максимальный) коэффициент квалификации за рассматриваемый период времени					

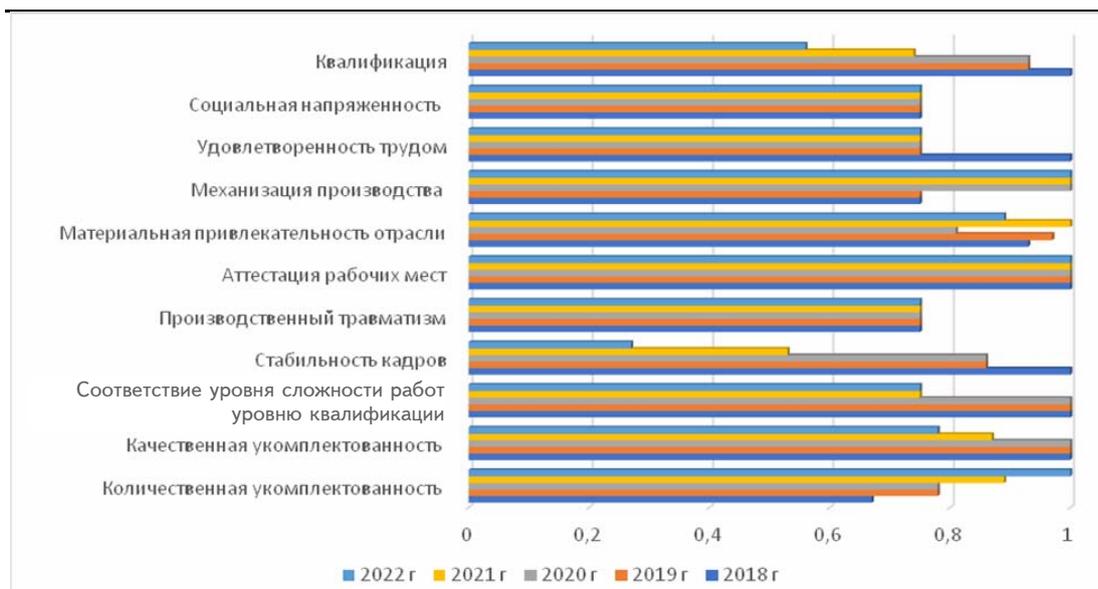


Рис. 2. Расчетные значения индексов кадрового потенциала

Анализ полученной информации свидетельствует о постоянном росте среднесписочного состава сотрудников предприятия (I_1), что обусловлено увеличением производственной мощности предприятия (см. рис. 3). Однако наблюдается значительное снижение качественной укомплектованности сотрудников (I_2) и индекса соответствия уровня сложности выполняемых работ уровню квалификации (I_3), что связано с привлечением к работе студентов старших курсов средних профессиональных и высших учебных заведений (см. рис. 4, 5).

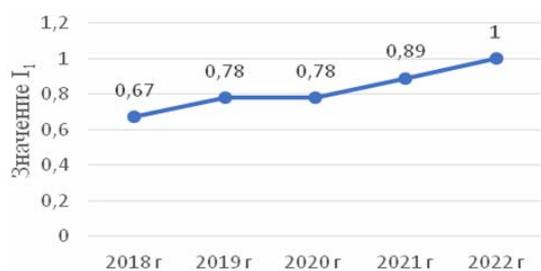


Рис. 3. График изменения индекса количественной укомплектованности

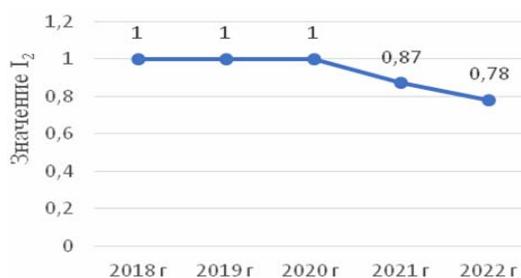


Рис. 4. График изменения индекса качественной укомплектованности

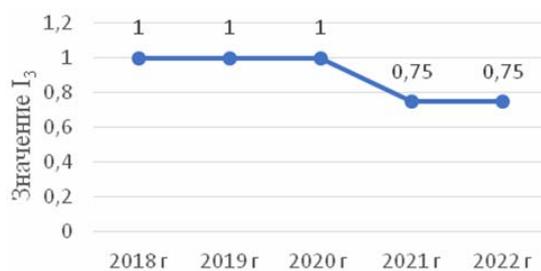


Рис. 5. График изменения индекса соответствия уровня сложности выполняемых работ уровню квалификации

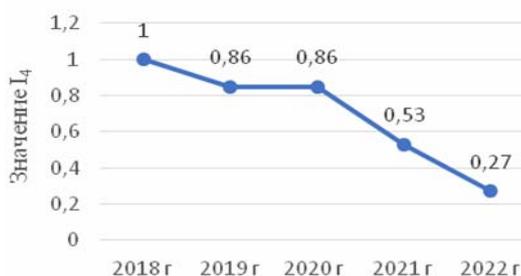


Рис. 6. График изменения индекса стабильности кадров

Анализ изменения индекса стабильности кадров (I_4) свидетельствует о снижении данного показателя в рассматриваемом периоде. Это определяется увеличением объема выполняемых работ в связи с расширением производства, при недостаточном уровне индексации заработной платы (см. рис. 6). Необходимо отметить, что в 2021 году

наблюдалось самое высокое значение индекса материальной привлекательности предприятия (I_7). Подобную ситуацию можно объяснить участием предприятия в различных тендерах и увеличением бюджета предприятия. Что, в свою очередь, позволило осуществить закупку нового оборудования и привело к повышению значения индекса автоматизации и механизации производства (I_8) [4].

Условия труда и общая атмосфера в коллективе благоприятная (индексы I_9 и I_{10}).

Основной целью процесса управления персоналом на ООО «Бетониум» является обеспечение высоких значений кадрового потенциала. Для достижения основной цели рекомендуется реализации ряд локальных целей, которые можно представить в виде «дерева целей» (рис. 7) [5, 6].

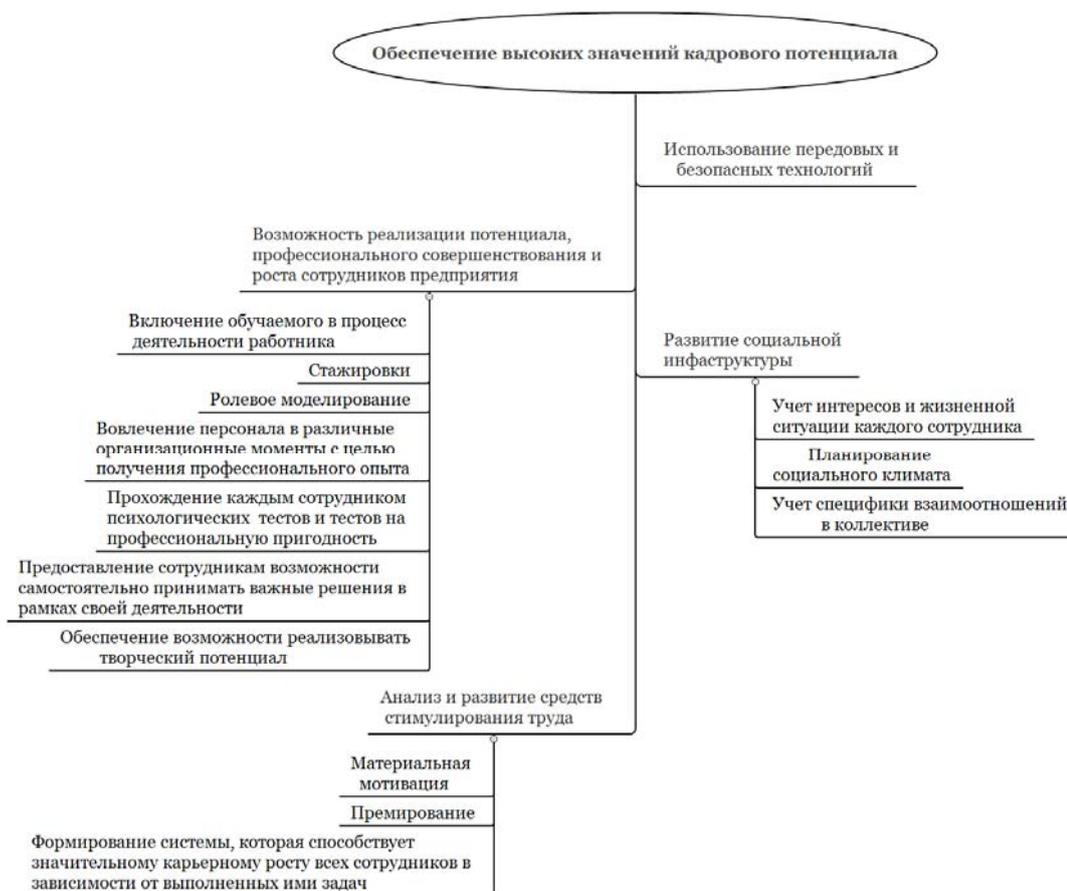


Рис. 7. «Дерево целей»

Предлагаемый подход позволит руководству предприятия разработать эффективную стратегию управления человеческими ресурсами с позиций сохранения высокого кадрового потенциала организации и будет способствовать созданию оптимальных условий, направленных на совершенствование качества и повышение конкурентоспособности продукции.

Список литературы

1. Черникова, О.П. Факторы роста производительности труда работников угольных предприятий / О.П. Черникова, З.А. Гостинцев // Эволюция научной мысли: сб. ст. III Международной научно-практической конференции. – Уфа: Аэтерна, 2014. – С.107–111.
2. Тюфякова, О.П. Планирование карьеры на предприятии как инструмент для достижения стратегических целей предприятия / О.П. Тюфякова, Я.Р. Хусаинова // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: мате-

риалы Международной научно-практической конференции: сб. науч. ст. /под ред. В.Н. Фрянова, Е.В. Пугачева. – Новокузнецк, 2005. – С. 199–201.

3. Черникова, О.П. Производительность труда как инструмент стимулирования экономики и повышения национальной конкурентоспособности / О.П. Черникова, С.В. Стрекалов // Научно-практические технологии разработки и использования минеральных ресурсов: материалы Международной научно-практической конференции: сб. науч. ст. / под ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2014.

4. Макарова, Л.В. Оценка трудового потенциала предприятия / Л.В. Макарова, Е.А. Гусарова // Электронный научный журнал «Дневник науки». – №4. – 2018. – URL: http://www.dnevniknauki.ru/images/publications/2018/4/technics/Gusarova_Makarova.pdf

5. Афанасьева, Л.А. Анализ кадрового потенциала организации / Л.А. Афанасьева // Ключевые вопросы в современной науке – 2014: материалы 10-й Международной научной практической конференции. – София, 2014. – С. 52–55.

6. Швидкая, Г.А. Оценка кадрового потенциала организации / Г.А. Швидкая // VII Международная студенческая научная конференция «Студенческий научный форум – 2015». – URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015012373>.

7. Кельперис, И. Повышение квалификации в процессе управления персоналом / И. Кельперис // Управление персоналом. – 2007. – № 7. – С. 113.

References

1. Chernikova, O.P. Factors of labor productivity growth of employees of coal enterprises / O.P. Chernikova, Z.A. Gostintsev // Evolution of scientific thought: collection of articles of the III International Scientific and Practical Conference. – Ufa: Aeterna, 2014. – P.107–111.

2. Tyufyakova, O.P. Career planning at the enterprise as a tool to achieve the strategic goals of the enterprise / O.P. Tyufyakova, Ya.R. Khusainova // Science-intensive technologies for the development and use of mineral resources: materials of the International scientific and practical conference: collection of scientific articles / ed. V.N. Fryanova, E.V. Pugachev. – Novokuznetsk, 2005. – P. 199–201.

3. Chernikova, O.P. Labor productivity as a tool for stimulating the economy and increasing national competitiveness / O.P. Chernikova, S.V. Strekalov // Science-intensive technologies for the development and use of mineral resources: materials of the International scientific and practical conference: collection of scientific articles / ed. V.N. Fryanova. – Novokuznetsk, 2014.

4. Makarova, L.V. Evaluation of the labor potential of the enterprise / L.V. Makarova, E.A. Gusarova // Electronic scientific journal «Diary of Science». – No. 4. – 2018. – URL: http://www.dnevniknauki.ru/images/publications/2018/4/technics/Gusarova_Makarova.pdf

5. Afanasyeva, L.A. Analysis of the personnel potential of the organization / L.A. Afanasyeva // Key issues in modern science 2014: materials of the 10th international scientific practical conference. – Sofia, 2014. – P. 52–55.

6. Shvidkaya, G.A. Assessment of the personnel potential of the organization / G.A. Shvidskaya // VII International Student Scientific Conference «Student Scientific Forum – 2015». – URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015012373>.

7. Kelperis, I. Advanced training in the process of personnel management / I. Kelperis // Personnel management. – 2007. – No. 7. – P. 113.

*Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Холькина Ольга Сергеевна,

магистрант
E-mail: kholkina.o@gmail.com

Максимова Ирина Николаевна,

кандидат технических наук, доцент кафедры
«Управление качеством и технология
строительного производства»
E-mail: maksimovain@mail.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Kholkina Olga Sergeevna,

Undergraduate student
E-mail: kholkina.o@gmail.com

Maksimova Irina Nikolaevna,

Candidate of Sciences, Assistant Professor of the
department «Management of Quality and
Technology of Construction Production»
E-mail: maksimovain@mail.ru

ПРОВЕДЕНИЕ КАРТИРОВАНИЯ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ХРОНОМЕТРАЖА

О.С. Холькина, И.Н. Максимова

Приведены результаты исследования рабочего процесса в ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области» для выявления проблем СМК. Применён метод фотографии рабочего места, являющийся одной из методик картирования процесса создания ценности при внедрении концепции бережливого производства на предприятии. Подведены итоги хронометража рабочего времени при выполнении определённого лабораторного исследования и сделаны выводы по каждому наименованию затрат рабочего времени. Проведена попытка внедрения инструмента бережливого производства на рабочем месте под названием 5S, получены положительные результаты.

Ключевые слова: бережливое производство; метод фотографии рабочего места; хронометраж рабочего времени; методика картирования процесса создания ценности

CONDUCT VALUE STREAM MAPPING USING THE TIMING METHOD

O.S. Kholkina, I.N. Maksimova

A study of the work process in the ILC FBUS «Center for Hygiene and Epidemiology in the Penza Region» was carried out to identify problems of the QMS. The method of photography of the workplace was applied, which is one of the methods for mapping the process of creating value when introducing the concept of lean manufacturing in an enterprise. The results of the working time chronometry during the performance of a certain laboratory research are summed up and conclusions are drawn for each item of working time costs. An attempt was made to introduce a lean manufacturing tool in the workplace named 5S, positive results were obtained.

Keywords: lean production; workplace photography method; timing of working time; methodology for mapping the value creation process

Ежегодно в ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области» проводят внутренние аудиты на соответствие внутренним и внешним нормативным документам. После проведения планового аудита в отделе санитарно-гигиенических исследований было выявлено несоответствие нормативам и внутренним документам организации. Для решения этой ситуации было принято решение провести наблюдение за сотрудниками, чтобы понять, в чем может заключаться причина. Для этого был применен метод фотографии рабочего места (хронометраж рабочего времени), который является одной из методик картирования процесса создания ценности [2, 6, 10].

Картирование – инструмент визуализации и анализа материального и информационного потоков в процессе создания ценности (ПСЦ) от поставщика до заказчика. Картирование необходимо для:

- визуализации каждого этапа движения потоков материалов и информации;
- выявления потерь и их источников;
- выработки единого понятийного языка для всех участников процесса;
- принятия правильных управленческих решений для оптимизации процесса.

В свою очередь, потоки создания ценности делятся на материальный и информационный.

Информационный ПСЦ – поток информации (заказы, обратная связь, планы, графики, прогнозы и пр.), необходимый для протекания материального ПСЦ.

Материальный ПСЦ – последовательность действий/операций/процессов по преобразованию сырья в готовую продукцию, удовлетворяющую требованиям заказчика или конечного потребителя. Материальный ПСЦ состоит из:

- обработки – физическое изменение материала или его качества;
- контроля – сравнение со стандартом;
- транспортировки – перемещение материалов или изделий, изменение их положения в пространстве;
- хранения – период времени, в который не происходит действие над изделием (складирование, межоперационные запасы).

Ранее картированный процесс создания ценности представлял собой простую схему, которая давала участникам процесса возможность увидеть полную детализированную картину того, что происходит на самом деле. При этом поток раскладывался в последовательность операций, подпроцессов или процессов. Сегодня наиболее часто используются три визуальные модели картирования: макрокарта, или VSM (Value Stream Mapping – картирование потока ценности), плавательные дорожки (Swimlanes) и фотография рабочего процесса (ФРП), или хронометраж [1, 8].

При сортировке каждая операция относится к одной из трех категорий:

- операции, добавляющие ценность для клиента;
- лишние операции, не добавляющие ценности для клиента;
- операции, не добавляющие ценности для клиента, но без которых невозможно обойтись (обязательный инструктаж, формальные разрешения, бухгалтерские проводки, подготовка технологического оборудования).

Суммирование времени каждого типа операций позволяет нам оценить совокупное время добавления ценности (ВДЦ), потери первого рода (М1) и потери второго рода (М2). Принципиально то, что одни потери явные, а другие – нет. Потери первого рода, т.е. «настоящие потери», – это действия, явно не добавляющие ценности для потребителя, а потери второго рода – это действия второстепенные, неявные, которые тоже не добавляют ценности, но без них невозможно обойтись.

В данном исследовании был выбран метод картирования под названием «фотография (хронометраж) рабочего процесса». Это линейное представление одного микропроцесса в виде таблицы, рассчитанное на сортировку операций и дальнейшую оптимизацию процесса. Приемы оптимизации, которые удобно совершать в этой форме, самые простые: исключение операций, не добавляющих ценности для клиента, совмещение операций и оптимизация входов и выходов. Существенную роль в оптимизации играют комментарии [7]. Они добавляются по ходу наблюдения или в процессе обсуждения и могут быть в виде замечаний («что не так») и предложений («как можно было бы улучшить»). Сокращение времени операций и улучшенную структуру обычно представляют в сравнении «было – стало» в виде двух столбиковых диаграмм из трех слоев: ВДЦ, М1 и М2. Данный процесс состоит из нескольких этапов.

Этап 1. Определение целей проведения ФРП. Определение вида ФРП, адекватного поставленным целям. Как уже отмечалось, цели использования фотографии рабочего времени могут быть самыми разнообразными. Однако существует довольно много видов ФРП, и их выбор определяется поставленными целями (табл. 1).

Строгих требований относительно того, какой вид ФРП использовать в зависимости от поставленной цели или целей, не существует. Поэтому в каждом конкретном случае этот вопрос решается с учетом всех существующих возможностей и ограничений [8].

Т а б л и ц а 1

Виды фотографий рабочего процесса

Параметры ФРП	Варианты использования (виды) ФРП
По характеру наблюдения	<ul style="list-style-type: none"> – Сплошное наблюдение в течение всей смены – Выборочное наблюдение определенных операций или мероприятий (например, совещаний) – Точечное наблюдение по установленному графику (метод моментных наблюдений). Наблюдатель курсирует по определенному маршруту (между большим количеством сотрудников) и фиксирует только то, что видит в момент посещения (например, в момент посещения сотрудник разговаривает с клиентом по телефону — это и фиксируется). При большом количестве посещений картина получается довольно объективной. Метод позволяет провести наблюдение сразу за большим количеством персонала
По тому, кто осуществляет наблюдение	<ul style="list-style-type: none"> – Сторонний наблюдатель лично – Сам сотрудник (самофотография) – Видеонаблюдение
По времени проведения ФРП	<ul style="list-style-type: none"> – Часть смены – 1 смена – Несколько смен – 1 неделя – Несколько недель
По периодичности проведения ФРП	<ul style="list-style-type: none"> – Разово – С определенной периодичностью (в определенные дни недели или месяца)
По количеству сотрудников, для которых проводится ФРП	<ul style="list-style-type: none"> – Один сотрудник – Несколько сотрудников отдела (например, лучшие и худшие, или, наоборот, средние и т.п.) – Весь отдел – Выборочно из разных отделов – Весь персонал
Использование внешних специалистов	<ul style="list-style-type: none"> – Проведение ФРП своими силами – Проведение ФРП силами внешних специалистов

Этап 2. Определение параметров анализа. Выбор оснований классификации затрат времени. Проведение предварительной аналитической работы по группировке временных затрат. Для того чтобы качественно провести фотографию рабочего процесса, важно заранее классифицировать затраты рабочего времени. Существуют как типичные затраты рабочего времени, так и специфичные. Кроме того, нужно помнить о целях наблюдения и придерживаться той степени детализации затрат рабочего времени, которая достаточна в каждом конкретном случае.

Общепринятая классификация затрат рабочего времени следующая.

Всё рабочее время подразделяется на время работы и время перерывов.

Время работы = время выполнения производственного задания + время выполнения работы, не предусмотренной заданием.

Время выполнения производственного задания = подготовительно-заключительное время (подготовка себя и рабочего места к работе; приведение в порядок себя и

рабочего места после работы) + оперативное время (время выполнения работы) + время обслуживания рабочего места (в течение работы).

Оперативное время = основное время + вспомогательное время. Например, при выполнении печатных работ на компьютере основное время – это набор текста, а вспомогательное – проверка ошибок.

Время обслуживания рабочего места = время технического обслуживания и время организационного обслуживания. Например, при осуществлении ввода данных в компьютер время технического обслуживания будет состоять в настройке программы под конкретное задание, а время организационного обслуживания – в классификации бумажных носителей и учёте их ввода.

Время выполнения работы, не предусмотренной заданием = случайная работа + непроизводительная работа.

Время перерывов = время регламентированных перерывов + время нерегламентированных перерывов.

Такая классификация приемлема для целей нормирования. При нормировании все перечисленные затраты рабочего времени делятся на нормируемые и ненормируемые.

Нормируемые затраты рабочего времени включаются в норму времени:

- подготовительно-заключительное время;
- оперативное время;
- время обслуживания рабочего места;
- время перерывов, предусмотренных технологией;
- время на отдых и личные надобности.

Ненормируемые затраты рабочего времени:

- потери времени по организационно-техническим причинам (аварии, устранимые недостатки организации труда);
- нарушения трудовой дисциплины.

Чем больше выявлено ненормируемых затрат рабочего времени, тем больше резервы повышения производительности труда.

Этап 3. Подготовка бланков наблюдения. В качестве бланков обычно используются пустографки, в которые наблюдатель записывает действие и время выполнения. Формы фиксации наблюдений могут быть различными [3, 5]. Принято фиксировать время окончания операции, а потом проводить расчеты путем вычитания предыдущего текущего времени из последующего.

Этап 4. Подготовка (инструктаж и обучение) наблюдателей. Инструктаж и обучение наблюдателей необходимы независимо от того, есть ли у них соответствующие знания и опыт или нет. Но в случае, когда компания проводит ФРП собственными силами, данному этапу нужно уделить особое внимание – результат всей процедуры зависит от качества подготовки наблюдателей. Наблюдатели должны очень хорошо знать классификацию рабочего времени и понимать уровень детализации наблюдения. Они также должны понимать, что ни в коем случае не могут вмешиваться в работу наблюдаемого сотрудника, мешать ему разговорами и комментариями. Однако данная тема столь обширна, что имеет смысл оставить ее за рамками данной статьи.

Этап 5. Планирование времени проведения ФРП, согласование его с заинтересованными лицами (руководителем подразделения, службой персонала и др.). Время проведения ФРП зависит от следующих моментов:

1. Существует ли периодичность в деятельности наблюдаемого сотрудника и какова она.
2. Намечены ли какие-либо мероприятия, которым может повредить проведение ФРП.
3. Насколько типичной будет работа в запланированное время.
4. Если ФРП планируется проводить для нескольких сотрудников, то важно предусмотреть, чтобы все они в это время работали.

Таким образом, подводя итоги исследования, можно заключить:

1. Бережливое производство представляет собой подход к управлению организацией, направленный на повышение качества работы за счет сокращения потерь. Эта

система зародилась на основе особенностей японского менеджмента, который отличается приверженностью историческим традициям группового единства и прирожденной педантичностью японцев. Этот подход распространяется на все аспекты деятельности – от проектирования и производства до сбыта продукции. Подход такой системы ставит своей целью сократить действия, которые не добавляют ценности продукту, на всем его жизненном цикле. Их существует семь видов: транспортировка, запасы, лишние движения, ожидание, перепроизводство, технология и дефекты.

2. За более чем пятидесятилетнюю историю существования методология бережливого производства развилась достаточно масштабно. Огромное количество инструментов, видоизменяющихся с течением научно-технического прогресса, позволяет менеджерам различных предприятий внедрять их на производства максимально подходящим образом [3–6, 11]. Основными инструментами бережливого производства считаются традиционно японские методики, проходящие различные этапы изменений в соответствии с деловой культурой области применения. К ним относятся *Канбан*, *Кайдзен*, *Андон*, *Пока-Йоке*, *5S*, *Быстрая переналадка*, *Стандартизация* и ряд других.

3. Наиболее оптимальными инструментами системы бережливого производства для применения в лаборатории являются стандартизация и *5S*. Стандартизация позволяет создать единый алгоритм действий для работы, что помогает существенно сократить затраты времени. Инструмент *5S* можно считать базой для метода стандартизации; он оптимизирует рабочее пространство, делая его удобным для быстрого проведения любого вида испытаний и исследований [9].

4. Внедрение СМК, как и многие крупные изменения на предприятиях, сотрудники встречают двояко, однако необходимость и дальнейшее внедрение подобных изменений влечет за собой положительный эффект. Для наиболее удачного и наименее шокирующего способа внедрения или, как в изучаемом случае, коррекции СМК *5S* представляет первую и наиболее мягкую ступень.

Таким образом, фотография рабочего процесса, или ФРП – вид наблюдения за сотрудником в определенный период (смена или часть), при котором измеряют все без исключения затраты времени. ФРП определяет точную структуру рабочего времени: указывает на наиболее затратные операции и работы (по мнению сотрудника). ФРП также используют и для других целей: установление норм, изучение опыта лучших сотрудников, совершенствование процесса организации труда и оценка эффективности сотрудников.

Для исследования были выбран рабочий процесс отдела санитарно-гигиенических исследований «Определение Ph дистиллированной воды ионометрическим методом». Данный процесс был выбран потому, что является одним из наиболее распространенных в организации, а также не имеет какой-либо сложной подготовки, то есть вероятность допущения ошибок стремится к нулю. В исследовании приняли участие три сотрудника в разные дни. Для этого был разработан специальный бланк (табл. 2–4). Все измерения выполнялись с помощью секундомера.

Т а б л и ц а 2

Результаты ФРП сотрудника №1

№	22.03.22	Наименование затрат рабочего времени	Длительность	ФИО сотрудника: сотрудник №1			Комментарий
				Величина затрат рабочего времени, мин.			
				ВДЦ	М2	М1	
1	2	3	4	5	6	7	
1	Проверка условий эксплуатации	1:02		1:02			
2	Подготовка места проведения исследования	7:34	1:30		6:04	Место было не убрано после предыдущего исследования	

1	2	3	4	5	6	7
3	Отбор посуды для забора исследуемого материала	12:09	1:10		11:00	Посуда находилась в моечной
4	Включение аппарата, проверка аккумулятора	0:56	0:56			
5	Забор исследуемого материала	0:23	0:23			
6	Проведение калибровки прибора	1:47	1:47			
7	Проведение подготовки электрода	1:08	1:08			
8	Проведение исследования	2:02	2:02			
9	Запись результатов исследования	5:07	5:07			
10	Очистка электродов	1:09		1:09		
11	Уборка места проведения исследования	4:07		4:07		Было разлито небольшое количество воды
12	Выключение прибора	0:50	0:50			
13	Внесение данных об исследовании в общелaborаторную систему	12:05	12:05			
Итого		50:23	26:58	6:18	17:04	

Первые результаты дают понять, что во время проведения исследования образуются лишние действия, не создающие ценности. Так, шесть минут были потрачены на уборку рабочего места после предыдущего исследования, а также на время в моечной: подбор необходимой посуды, перенос ее в испытательную комнату. Также стоит отметить необходимые действия, не создающие ценности. К ним относятся проверка эксплуатационных условий, очистка электродов и уборка места проведения исследования. Таким образом, общее время проведения испытания составило 50:23, а с вычетом потерь класса М1 и М2 – почти 27 минут.

Следующие замеры проводились через две недели. Второе исследование было перенесено с запланированного дня на сутки позднее, поскольку на этапе включения аппарата было обнаружено, что аккумулятор разряжен, а на его зарядку до безопасной работоспособности необходимо около восьми часов. Результаты исследования работы второго сотрудника представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Результаты ФРП сотрудника №2

№	05-06.04.22 Наименование затрат рабочего времени	Длительность	ФИО сотрудника: Сотрудник №2			Комментарий
			Величина затрат рабочего времени, мин			
			ВДЦ	М2	М1	
1	2	3	4	5	6	7
1	Проверка условий эксплуатации	0:56		0:56		
2	Подготовка места проведения исследования	1:04		1:04		
3	Отбор посуды для забора исследуемого материала	2:03		2:03		

1	2	3	4	5	6	7
4	Включение аппарата, проверка аккумулятора	9:10:04	1:05		9:09:05	Аккумулятор был разряжен
5	Забор исследуемого материала	0:49	0:49			
6	Проведение калибровки прибора	1:29	1:29			
7	Проведение подготовки электрода	0:40	0:40			
8	Проведение исследования	1:12	1:12			
9	Запись результатов исследования	4:50	4:50			
10	Очистка электродов	0:39		0:39		
11	Уборка места проведения исследования	2:45		2:45		
12	Выключение прибора	0:58	0:58			
13	Внесение данных об исследовании в общелабораторную систему	10:04	10:04			
Итого		9:35:25	21:00	5:27	9:09:05	

Таким образом, измерение рабочего времени этого сотрудника вышло более затратным по времени, причиной тому стало халатность другого сотрудника: прибор использовался на выездных исследованиях, что привело к полной разрядке аккумулятора. Общее время проведения испытания составило более девяти с половиной часов, а с вычетом потерь класса М1 и М2 – 21 минуту.

Третий сотрудник показал самое оптимальное соотношение ВДЦ, М1 и М2 (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Результаты ФРП сотрудника №3

№	19.04.22 Наименование затрат рабочего времени	Длительность	ФИО сотрудника: Сотрудник №3			Комментарий
			Величина затрат рабочего времени, мин			
			ВДЦ	М2	М1	
1	2	3	4	5	6	7
1	Проверка условий эксплуатации	0:57		0:57		
2	Подготовка места проведения исследования	5:05	1:00		4:05	Место было не убрано после предыдущего исследования
3	Отбор посуды для забора исследуемого материала	1:08		1:08		
4	Включение аппарата, проверка аккумулятора	0:49	0:49			
5	Забор исследуемого материала	00:48	0:48			
6	Проведение калибровки прибора	0:59	0:59			

1	2	3	4	5	6	7
7	Проведение подготовки электрода	6:56	0:30		06:56	Электрод оказался бракованным
8	Проведение исследования	2:12	2:12			
9	Запись результатов исследования	3:45	3:45			
10	Очистка электродов	1:01		1:01		
11	Уборка места проведения исследования	2:21		2:21		
12	Выключение прибора	0:34		0:34		
13	Внесение данных об исследовании в общелaborаторную систему	8:59	8:59			
Итого		35:33	19:00	6:01	10:31	

Работа сотрудника №3 показала самый успешный результат по чистому времени, ВДЦ равно 19:00. При этом в период проведения хронометража была встречена та же самая ошибка, что и в исследовании сотрудника №1: рабочее место не было убрано предыдущим сотрудником после проведения испытания. Как итог – три дополнительные минуты по классу затрат М1. Также в период проведения исследований было допущено другое наименование затрат, а именно «Проведение подготовки электрода». В ходе осуществления этого этапа работ обнаружилось, что нарушена целостность электрода. Это привело к замене электрода и, как следствие, росту затрат класса М1. При этом общее время на проведение исследования составило 35:33 минуты, большая часть из которых имела ценность.

Далее по итогам проведения ФРП была составлена таблица с показателями (табл. 5), а также диаграмма (рис. 1).

Таблица 5

Итоговые данные ФРП

Показатель	Факт			Цель
	№1	№2	№3	
Общее время цикла	50:23	9:35:25	35:33	30
ВДЦ – время добавления ценности	26:58	21:00	19:00	27
М2 – необходимые действия, не создающие ценности	6:18	5:27	6:01	3
М1 – лишние действия, не создающие ценности	17:04	9:09:05	10:31	0

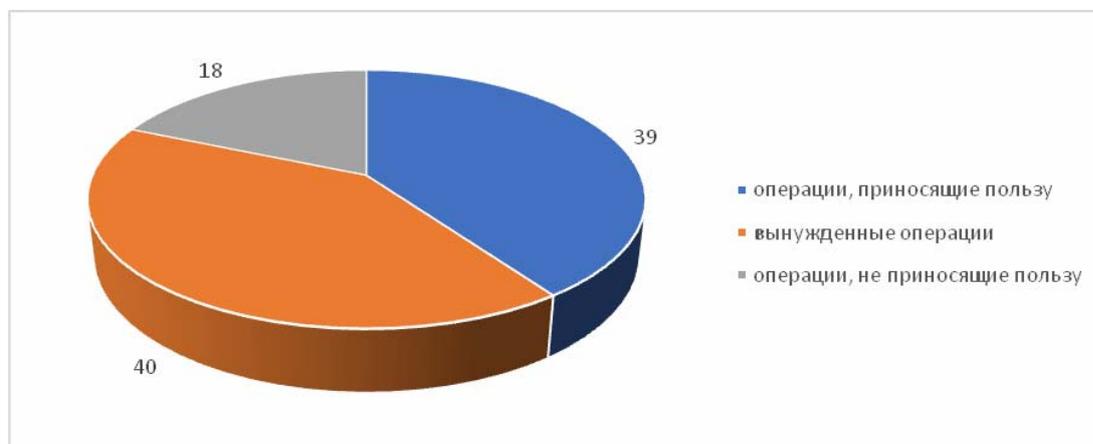


Рис. 1. Хронометраж рабочего времени

По итогам проведения подсчетов и анализа результатов хронометража рабочего времени можно сказать, что сокращение большей части лишних действий, не создающих ценность, необходимо. В случае анализа по каждому пункту следует сделать выводы:

1. *Проверка условий эксплуатации.* Условия эксплуатации необходимо проверять в том случае, если в помещении наблюдается сильная влажность или понижение температуры. В случае отсутствия очевидных отклонений от показателей дополнительная проверка не требуется.

2. *Подготовка места проведения исследования.* Каждый сотрудник после проведения исследования должен убрать рабочее место, поскольку небранное рабочее место сказывается на времени последующей работы. Также младшие санитарные сотрудники должны проводить мониторинг общего рабочего пространства.

3. *Отбор посуды для забора исследуемого материала.* Младшие санитарные работники ежедневно моют лабораторную посуду, которую затем оставляют в моечных помещениях. Сотрудники каждое утро сами забирают посуду в лабораторные помещения. В случае если сотрудники утром не подготовили рабочее место, это также затягивает время проведения исследования.

4. *Включение аппарата, проверка аккумулятора.* Зачастую исследования проводят на выезде, что подразумевает под собой перевоз аппаратуры и, как следствие, использование его от собственного блока питания или аккумулятора. Невнимательное отношение к уровню заряда прибора приводит к тому, что сотрудники, использующие его после, вынуждены переносить исследования по причине временной неработоспособности измерительного оборудования.

5. *Забор исследуемого материала.* Иногда в процессе забора материала может обнаружиться, что вспомогательное оборудование неисправно. Как следствие – замена или временная приостановка исследования, влияющая на затраты времени.

6. *Проведение калибровки прибора.* Если сотрудник неопытен, калибровка прибора может занять значительное время, которое иногда может повлиять на сроки выдачи результатов. В таком случае лучше обратиться к более опытному сотруднику за консультацией или помощью.

7. *Проведение исследования.* Этот этап является самым важным во всем процессе работы. Поэтому на него следует затратить нужное количество времени, без сокращений и спешки, которые могут привести к ошибкам и увеличению сроков выдачи результатов.

8. *Запись результатов исследования.* Данный этап также требует особого внимания и концентрации, что исключает спешку. В противном случае может быть допущена ошибка, что приведет к проблемам в интерпретации на этапе 11.

9. *Уборка места проведения исследования.* Проведение уборки после завершения исследования облегчает работу другим сотрудникам.

10. *Выключение прибора.* Простой, но иногда пропускаемый этап. Сотрудник может не заметить, что не выключил прибор, или не знать, как это делается правильно. Подобное может привести в лучшем случае к разрядке аккумулятора прибора (если он есть), а в худшем – к неисправности, порче или полной поломке прибора.

11. *Внесение данных об исследовании в общелабораторную систему.* Заключительный этап, позволяющий систематизировать внешний вид результатов (протоколов) исследований. Здесь также встречаются трудности, поскольку для молодого поколения работа с компьютером не представляет проблем, в то время как для людей старшего возраста каждое внесение может растягиваться на значительное время.

Эти выводы дают понять, что даже в процессе осуществления простого исследования допускаются ошибки, оказывающие влияние на общий рабочий ритм. Так, элементарная уборка после проведения исследования поможет сократить простои и паузы, если каждый сотрудник будет следовать простому правилу – убирать рабочее место по завершении исследования. Также необходимо уделять особо пристальное внимание контролю за оборудованием, а именно уровню зарядки и режиму работы (включен или выключен). Третий момент, также требующий внимания, заключается в

самой подготовке к исследованию, а именно – в комплектации рабочего места лабораторной посудой и вспомогательным оборудованием (пипетки, колбы), которые не всегда находятся в зоне доступа рабочего пространства.

По итогам внедрения одного из инструментов бережливого производства были получены следующие результаты:

- проведена кампания «красных ярлыков»: на все нерационально расположенные или не используемые ежедневно материалы наклеены ярлыки с описанием и указанием времени, когда они потребуются;
- все материалы, хранящиеся в лаборатории, рассортированы, при необходимости утилизированы;
- несколько коробок расходных материалов (посуды, образцов сырья и т.п.) переданы в филиалы ИЛЦ, а также на склад;
- все используемые материалы и образцы размещены непосредственно в зонах использования, каждому прибору выделено определённое место;
- материалы в ящиках рабочих столов уложены в определенном порядке;
- в рабочих зонах проведена идентификация и визуализация;
- на дверцах ящиков с сырьевыми компонентами для удобства поиска разместили перечни с указанием сроков годности;
- для идентификации образцов сырьевых компонентов и готовой продукции были разработаны этикетки единой формы;
- текстовые методики преобразованы в схематические рабочие инструкции и памятки;
- стандартизированы рабочие журналы и записи, что позволило снизить время на заполнение и упростило дальнейшую работу с записями;
- организованы места хранения с целью повышения уровня безопасности производства;
- проведена цветовая идентификация пипеток по объему;
- обеспечено безопасное хранение пипеток и термометров в ящике лабораторного стола.

После выполнения мероприятий по оптимизации рабочего пространства был проведен повторный хронометраж рабочего времени сотрудников лаборатории, результаты которого представлены на рис. 2.

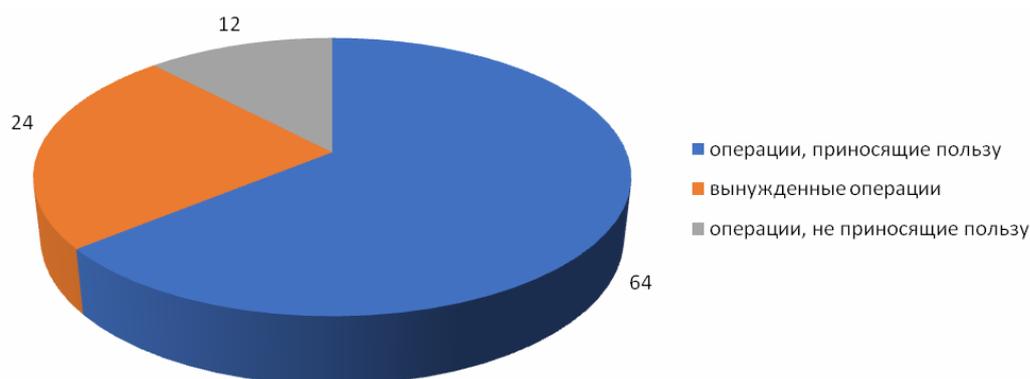


Рис. 2. Результаты повторного хронометража, %

Таким образом, внедрение инструментов бережливого производства в организации в значительной степени облегчает работу, положительно влияет на исследовательский процесс, а также создаёт базу для обновления и улучшения инструментов системы менеджмента качества.

Список литературы

1. Вумек, Дж. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания компании / Дж. Вумек, Д. Джонс. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2018. – 472 с.
2. ГОСТ Р 56407-2015. Бережливое производство. Основные методы и инструменты. – М.: Стандартиформ, 2015. – 19 с.
3. ГОСТ Р 56906-2015. Бережливое производство. Организация рабочего пространства (5S). – М.: Стандартиформ, 2015. – 19 с.
4. ГОСТ Р 56907-2016. Бережливое производство. Визуализация. – М.: Стандартиформ, 2017. – 15 с.
5. ГОСТ Р 56908-2016. Бережливое производство. Стандартизация работы. – М.: Стандартиформ, 2017. – 15 с.
6. ГОСТ Р 57524-2016. Бережливое производство. Поток создания ценности. – М.: Стандартиформ, 2017. – 15 с.
7. Жевнов, Д.А. Инструменты организации эффективного рабочего пространства «5С» / Д.А. Жевнов // Алтайский вестник Финансового университета. – 2021. – № 17. – С. 19–23.
8. Кондратьев, Э.В. Развитие мониторингом: действия, создающее культуру совершенствования / Э.В. Кондратьев // Проблемы теории и практики управления. – 2018. – № 7. – С. 46–52.
9. Кондратьев, Э.В. 5S многоликий: от индикаторов до производственной культуры / Э.В. Кондратьев, К.В. Новиков // Методы менеджмента качества. – 2019. – № 6. – С. 40–47.
10. Кондратьев, Э.В. Картирование потока создания ценности: от находок к изменению мышления / Э.В. Кондратьев, К.В. Новиков // Методы менеджмента качества. – 2020. – № 6. – С. 42–48.
11. Холькина, О.С. Оценка неопределенности измерений как один из методов бережливого производства (на примере ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области») / О.С. Холькина, И.Н. Максимова // Материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и исследователей в рамках международного научного форума «Наука молодых – интеллектуальный потенциал XXI века», 12–14 апреля 2022 года. Пенза. – Пенза: ПГУАС, 2022. – 316 с. – С. 201–205.

References

1. Wumek, J. Lean manufacturing. How to get rid of losses and achieve company prosperity / J. Wumek, D. Jones. – M.: Alpina Business Books, 2018. – 472 p.
2. GOST R 56407-2015. Lean production. Main methods and tools. – M.: Standartinform, 2015. – 19 p.
3. GOST R 56906-2015. Lean production. Organization of the working space (5S). – M.: Standartinform, 2015. – 19 p.
4. GOST R 56907-2016. Lean production. Visualization. – M.: Standartinform, 2017. – 15 p.
5. GOST R 56908-2016. Lean production. Standardization of work. – M.: Standartinform, 2017. – 15 p.
6. GOST R 57524-2016. Lean production. Value stream. – M.: Standartinform, 2017. – 15 p.
7. Zhevnov, D.A. Tools for organizing an effective workspace «5S» / D.A. Zhevnov // Altai Bulletin of the Finance University. – 2021. – No. 17. – P. 19–23.
8. Kondratiev, E.V. Development of monitoring: actions that create a culture of improvement / E.V. Kondratiev // Problems of theory and practice of management. – 2018. – No. 7. – P. 46–52.
9. Kondratiev, E.V. 5S many-sided: from indicators to industrial culture / E.V. Kondratiev, K.V. Novikov // Methods of quality management. – 2019. – No. 6. – P. 40–47.

10. Kondratiev, E.V. Mapping the Value Creation Stream: From Finds to Changing Thinking / E.V. Kondratiev, K.V. Novikov // Methods of quality management. – 2020. – No. 6. – P. 42–48.

11. Kholkina, O.S. Assessment of measurement uncertainty as one of the methods of lean production (on the example of the ILC FBUZ «Center for Hygiene and Epidemiology in the Penza Region») / O.S. Kholkina, I.N. Maksimova // Materials of the international. scientific-pract. conf. young scientists and researchers within the framework of the international scientific forum «Science of the young – the intellectual potential of the XXI century», April 12-14, 2022, Penza. – Penza: PGUAS, 2022. – 316 p. – P. 201–205.

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

PEDAGOGICAL SCIENCES

УДК 62-662.5:674.8(470.40)

*Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Устинов Вадим Витальевич,
студент

Шитова Инна Юрьевна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технологии строительных материалов
и деревообработки»
E-mail: Innalife1@rambler.ru

Кислицына Светлана Николаевна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технологии строительных материалов
и деревообработки»
E-mail: Innalife1@rambler.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Ustinov Vadim Vitalievich,
Student

Shitova Inna Yurievna,
candidate of technical Sciences, Associate
Professor of the department «Technologies of
Building Materials and Woodworking»
E-mail: Innalife1@rambler.ru

Kislitsyna Svetlana Nikolaevna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
department «Technologies of Building Materials
and Woodworking»
E-mail: Innalife1@rambler.ru

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЛАССЫ В КАЧЕСТВЕ СВЯЗУЮЩЕГО ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ БИОТОПЛИВА

В.В. Устинов, И.Ю. Шитова, С.Н. Кислицына

Проводились исследования влияния давления прессования на свойства топливных брикетов на основе отходов деревообрабатывающих и свеклосахарных производств. Установлено оптимальное значение давления прессования, при котором полученный брикет обладает максимально высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова: топливный брикет, связующее, меласса, давление прессования, плотность, прочность

EXPEDIENCY OF USING MOLASSES AS A BINDER IN MANUFACTURE OF BIOFUELS

V.V. Ustinov, I.Yu. Shitova, S.N. Kislitsyna

The work investigated the effect of pressing pressure on the properties of fuel briquettes based on waste from woodworking and beet sugar industries. Optimal value of pressing pressure is established, at which produced briquette has maximum physical-mechanical and operational characteristics.

Keywords: fuel briquette, binder, molasses, pressing pressure, density, strength

В связи с общемировой тенденцией расширения многоцелевого использования древесины особо актуальными являются вопросы утилизации древесных отходов. Одним из наиболее эффективных направлений утилизации мелких древесных отходов и коры является производство топливных брикетов.

Технология изготовления данного вида топлива позволяет не только утилизировать отходы лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, но и получить экологически чистый продукт.

Известно, что топливные гранулы и брикеты получают путем прессования древесного или растительного сырья при достаточно высоком давлении прессования и повышенной температуре с применением связующего или без него. Для получения бессвязующего биотоплива используют отходы древесины с повышенным содержанием лигнина, который является природным вяжущим веществом и при повышенной температуре переходит в пластичное состояние, связывая частицы древесного сырья в материал с новыми свойствами.

В работе [1] показана целесообразность изготовления биотоплива методом холодного прессования с использованием в качестве вяжущего побочного продукта свеклосахарного производства – мелассы (ООО «Бековский сахарный комбинат», Пензенская область) [2]. На основании экспериментальных данных установлен его оптимальный состав. Наилучшими показателями физико-механических свойств обладает брикет, полученный путем прессования опилок при удельном давлении 500 кгс/см² и содержании мелассы 3 % (от массы опилок).

Существенную роль в формировании плотной структуры топливных гранул и брикетов играют такие факторы, как давление и время прессования, а также скорость сбрасывания приложенной нагрузки.

Изучалось влияние давления прессования на физико-механические свойства топливных брикетов на основе местных отходов производств. Оценивались внешний вид, средняя плотность и прочность образцов [3, 4].

Прочность топливных брикетов косвенно оценивалась по показателю их крошимости. Крошимость брикетов определяется количеством ударов n , которые выдерживает брикет при сбрасывании с высоты 1-1,5 м на цементный пол.

Схема технологического процесса получения опытных образцов представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема технологического процесса изготовления опытного образца биотоплива в лабораторных условиях

Результаты полученных экспериментальных данных приведены в таблице.

Свойства топливных брикетов в зависимости от удельного давления прессования

Значение удельного давления прессования, МПа	Средняя плотность, $\rho_{\text{ср}}$, кг/м ³	Показатель крошимости, n	Внешний вид
10	561	2	Поверхность образца ровная, на гранях отмечаются признаки крошения
30	664	12	Поверхность и грани ровные, без расслоений
50	848	19	Поверхность и грани ровные, без расслоений
70	917	29	Поверхность и грани ровные, без расслоений
90	860	14	Поверхность и грани ровные, наблюдается небольшое расслоение

Анализ таблицы показывает, что с увеличением давления прессования закономерно повышаются плотность и прочность брикетов. Наиболее интенсивное изменение плотности и прочности наблюдается при давлении до 50 МПа. При удельном давлении прессования 90 МПа средняя плотность снижается вследствие расслоения образцов.

Следовательно, можно сделать вывод, что оптимальным для получения качественного брикета на основе отходов местных производств является удельное давление прессования, равное 50...70 МПа (фото 1).



Фото 1. Брикеты, отпрессованные при удельном давлении 70 МПа

Кроме того, на свойства брикетов влияет и продолжительность выдержки под давлением. В процессе прессования в закрытых пресс-формах внутри самой массы скапливается много водяного пара. Если сразу снять давление и освободить брикет из формы, то под действием внутреннего давления пара и упругих сил частиц объем брикета увеличивается, на нем появляются трещины и расслоения, вплоть до разрушения (фото 2).

Из фото 2 видно, что у образцов-брикетов при быстром снятии нагрузки практически сразу после извлечения из формы происходит сильное расслоение по высоте за счет высоких величин внутренних напряжений. Наблюдается огромный демпфирующий эффект, что отрицательно сказывается на внешнем виде и качестве брикета, он становится непригодным к дальнейшему использованию.

Образец, полученный при оптимальном сочетании рецептурно-технологических факторов, не имеет трещин и расслоений, поверхность образца ровная, не крошится (см. фото 2, в). Следовательно, выдержка брикетов под давлением в течение некоторого времени (30 с) и постепенное снятие нагрузки являются необходимыми.

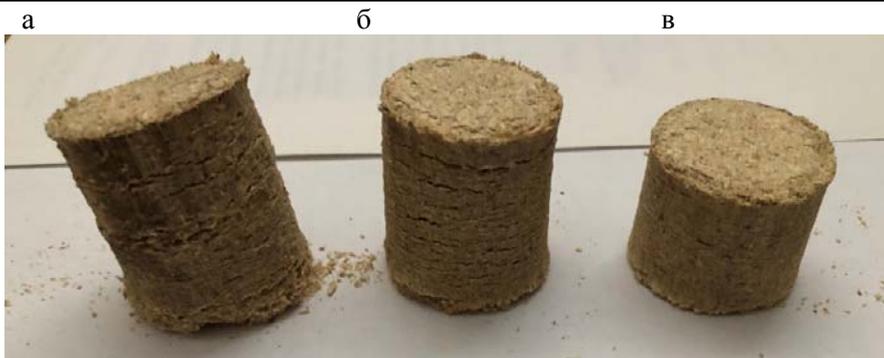


Фото 2. Образцы-брикеты, отпрессованные при удельном давлении 70 МПа
а – контрольный образец (опилки влажностью 10 %), быстрое снятие приложенной нагрузки;
б – опытный образец (опилки влажностью 10 % с добавлением 3 % мелассы), быстрое снятие приложенной нагрузки; в – опытный образец (опилки влажностью 10 % с добавлением 3 % мелассы), медленное снятие приложенной нагрузки

Исходя из полученных лабораторных данных, можно сделать вывод, что использование побочного продукта свеклосахарного производства – мелассы (3 % от массы опилок) – в качестве дополнительного вяжущего вещества позволяет получать топливные брикеты с высокими физико-механическими характеристиками путем холодного прессования при удельном давлении прессования 50...70 МПа. Такой продукт является экономически выгодным, так как отсутствуют энергетические затраты на прогревание пресс-форм, самого пресса и исходных компонентов.

Список литературы

1. Шитова, И.Ю. Свойства топливных брикетов, изготовленных на основе отходов местных производств / И.Ю. Шитова, В.В. Устинов, А.В. Туманов, Р.А. Иванцов // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2022. – №3 (40).
2. Интернет-ресурс:
https://studbooks.net/583244/tovarovedenie/melassa_klassifikatsiya_melass_biohimicheskie_mikrobiologicheskie_tehnologicheskie_harakteristiki
3. Кислицына, С.Н. Способы переработки отходов деревоперерабатывающей промышленности / С.Н. Кислицына, И.Ю. Шитова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 140 с.
4. Кислицына, С.Н. Строительные материалы / С.Н. Кислицына, В.А. Береговой. – Пенза: ПГУАС, 2017. – 180 с.

References

1. Shitova, I.Yu. Properties of fuel briquettes made on the basis of waste from local industries / I.Yu. Shitova, V.V. Ustinov, A.V. Tumanov, R.A. Ivantsov // Education and science in the modern world. Innovation. – 2022. – №3 (40).
2. Online resource: https://studbooks.net/583244/tovarovedenie/melassa_klassifikatsiya_melass_biohimicheskie_mikrobiologicheskie_tehnologicheskie_harakteristiki
3. Kislitsyna, S.N. Methods of processing wood processing industry waste / S.N. Kislitsyna, I.Y. Shitova. – Penza: PGUAS, 2016. – 140 p.
4. Kislitsyna, S.N. Building materials / S.N. Kislitsyna, V.A. Beregovoy. – Penza: PGUAS, 2017. – 180 p.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Шурыгин Илья Сергеевич,
магистрант

Самошин Андрей Павлович,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технологии строительных материалов
и деревообработки»

Малашкина Светлана Александровна,
магистрант

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Shurygin Ilya Sergeevich,
Undergraduate student

Samoshin Andrey Pavlovich,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
Department «Building Materials and Woodworking
Technology»

Malashkina Svetlana Alexandrovna,
Undergraduate student

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫБОРА ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОГИТАРЫ НА СТАНКЕ С ЧПУ

И.С. Шурыгин, А.П. Самошин, С.А. Малашкина

Приведены основные практические аспекты выбора инструмента и режимов обработки деталей музыкальных инструментов на станках с числовым программным управлением.

Ключевые слова: гитара, фрезерование, режимы обработки

PRACTICAL ASPECTS OF THE CHOICE OF WOOD-CUTTING TOOLS AND OPERATING MODES WHEN MILLING ELECTRIC GUITAR PARTS ON A CNC MACHINE

I.S. Shurygin, A.P. Samoshin, S.A. Malashkina

This paper presents the main practical aspects of the choice of instruments and modes of processing parts of musical instruments on machines with computer numerical control (CNC).

Keywords: guitar, milling, processing modes

Процесс выполнения операций по фрезерованной обработке деталей при изготовлении электрогитары на станке с ЧПУ требует особого подхода и внимания к деталям при максимальной оптимизации действий. Главное достоинство такого способа – обеспечение высокой точности обработки при минимальных временных затратах. Однако у него есть ряд ограничений, которые необходимо учитывать при планировании производства:

– важно установить правильные режимы резания для каждого конкретного материала, иначе поверхности деталей придётся долго шлифовать для удаления дефектов фрезеровки, что нецелесообразно при применении данной технологии;

– для крепления заготовок к столу станка необходимо разработать специальную систему креплений. Чаще всего для этих целей используют наиболее универсальные крепежи (прижимы, эксцентрики, саморезы), однако они не всегда полностью выполняют свою функцию без дополнительных приспособлений и имеют проблемы с позиционированием, что в условиях гитарного производства, требующего двухсторонней обработки деталей, совершенно неприемлемо. Оптимальный вариант решения проблемы позиционирования – изготовление стола с отверстиями, расположение

которых регулируется специальной сеткой. Такое решение ограничит вариативность деталей по размерам и форме, поэтому полезно для увеличения универсальности крепёжной системы иметь хотя бы две сетки: одну – для грифов, вторую – для дек (они могут располагаться отдельно или перекрываться, если на станке не хватает площади для размещения их по отдельности).

Самым эффективным применением фрезерного станка с ЧПУ в гитаростроении [1] является изготовление деталей для электрогитар определённого модельного ряда; так для каждой конкретной модели можно сделать специальную систему позиционирования, что позволит существенно увеличить производительность операций по установке заготовки на стол. Чаще всего в отверстия стола вставляют резьбовые втулки, в которые через соответствующие отверстия в заготовке вкручиваются болты (обычно не более четырёх). Отверстия должны формировать симметричную фигуру, чтобы при перевороте заготовки для фрезеровки задней поверхности детали и финального раскроя точка на заготовке, соответствующая программному нулю, не сместилась.

Ниже приведем основные операции и направления обработки.

1. Изготовление корпуса (деки)

1.1. Калибрование пластей детали

Производится в случае, если заготовка не калибровалась на рейсмусе или если иным образом не обеспечена ровность пласти. На производствах такая операция используется редко, т.к. отнимает больше времени по сравнению с рейсмусованием. Для снятия материала используются фрезы больших диаметров (в среднем 20 мм) с числом зубов от двух до пяти. Для чистоты обработки глубину фрезеровки делают минимально достаточной для устранения всех неровностей и разнотолщинности, обычно после простого строгания достаточно 1 мм. Операцию стремятся произвести в один проход с заглублением до 3 мм, т.к. при больших значениях может увеличиться шероховатость поверхности. Направление резания – попутное.

1.2. Черновая обработка рельефа деки

Если на деке предусмотрен объёмный рельеф либо вырезы и скосы для повышения комфортности игры, то необходимо создать траекторию 3D-обработки рельефа. Траектория создаётся сразу и для черновой, и для чистовой резки. В случае с рельефом оптимальная тактика – обрабатывать всю доступную площадь целиком, а в случае с отдельными вырезами следует поделить площадь деки на зоны – с рельефом и без – и обрабатывать только необходимые участки. Черновая обработка выполняется фрезой диаметром 6 мм с режущей частью 15–30 мм. Достаточный припуск – 1 мм. Траектория обработки – выборка, стратегия – смещение, направление – встречное (обеспечивает более эффективное резание).

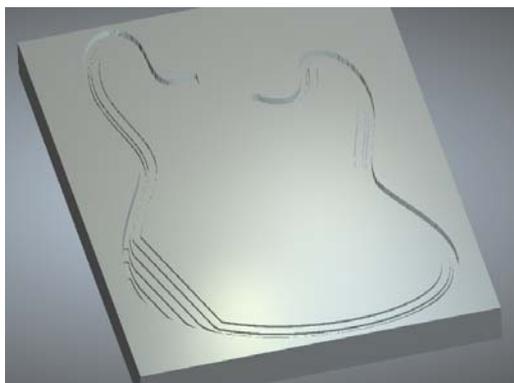


Рис. 1. Симуляция траектории черновой обработки верхнего рельефа корпуса

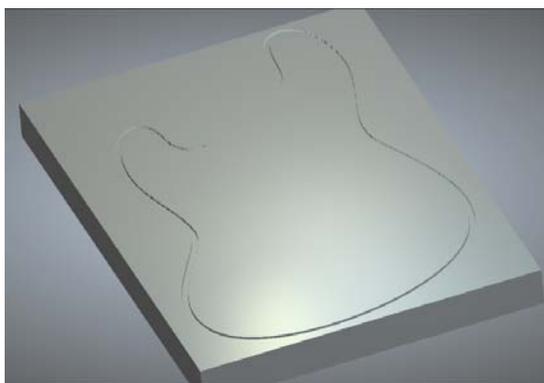


Рис. 2. Симуляция траектории черновой обработки нижнего рельефа корпуса

1.3. Чистовая обработка рельефа деки

За черновой обработкой следует чистовое фрезерование. Как правило, это самый длительный этап обработки на ЧПУ. Обычно на электрогитарах рельеф плавный и не

имеет какой-либо детализации, поэтому оптимальным инструментом для обработки такого рельефа является радиусная фреза. Как показывает практика, для обработки рельефов электрогитар наиболее универсальным инструментом является фреза диаметром 4 мм с радиусом скругления 2 мм и режущей частью 15 мм. В зависимости от сложности и кривизны рельефа диаметры фрез могут варьироваться от 4 до 20 мм, а длина режущей части – от 10 до 30 мм. Обработка производится по стратегии растра под некоторым углом к волокнам, значение которого подбирается обычно экспериментально. Нами опытным путем установлено, что для древесины клена оптимальный угол составляет 20°. При наличии элементов тонкой декоративной резьбы их обработка выполняется только на тех участках, где присутствуют данные элементы. В этом случае для чистовой обработки используют конические фрезы с малым радиусом на конце. В зависимости от детализации угол конуса может варироваться от 15 до 30°, а радиус кончика – от 0,1 до 1 мм.



Рис. 3. Симуляция траектории чистовой обработки верхнего рельефа корпуса



Рис. 4. Симуляция траектории чистовой обработки нижнего рельефа корпуса

1.4. Фрезеровка полостей для электронных компонентов и фурнитуры

В деку устанавливаются звукосниматели и бридж (струнодержатель, нижний порог). Для установки этих компонентов требуется отфрезеровать соответствующие полости, а также карман грифа, отверстия под потенциометры, переключатели, разъемы и винты для крепления грифа (при необходимости). В случае, если на деку будет наклеен деревянный топ или будет установлена декоративная накладка (пикгард), на поверхности, которая будет скрываться под ними, сразу фрезеруют каналы для проводов или одну большую полость (для установки пикгарда), а полость под электронную цепь делают сквозной. Для данной операции наиболее универсальным инструментом, как показывает практика, является концевая фреза диаметром 6 мм с длиной режущей части 30 мм. Такая фреза может резать на глубину до 50 мм, но для этого необходимо немного выпустить хвостовик из патрона. Стратегия выборки – растр или смещение, направление резания для твердых пород практически не оказывает влияния на шероховатость, а для мягких лучше выбирать попутное. Для фрезеровки отверстий диаметром меньше 6 мм можно использовать фрезы диаметром 2–4 мм в зависимости от требуемого диаметра отверстия. Траектория фрезеровки отверстий – выборка, оптимальная стратегия обработки – смещение, направление – попутное.

1.5. Обрезка детали по профилю

Финальная часть процесса – вырезание детали из заготовки по векторному контуру. Данная операция выполняется концевой фрезой диаметром 6 или 8 мм с длиной режущей части 30–50 мм. По периметру вектора следует оставлять перемычки, предотвращающие вырывание фрезой детали из заготовки, которое может повлечь серьезные непоправимые повреждения самой детали и режущего инструмента, а в некоторых случаях даже станка. Траектория обработки – по профилю, направление резания – попутное.

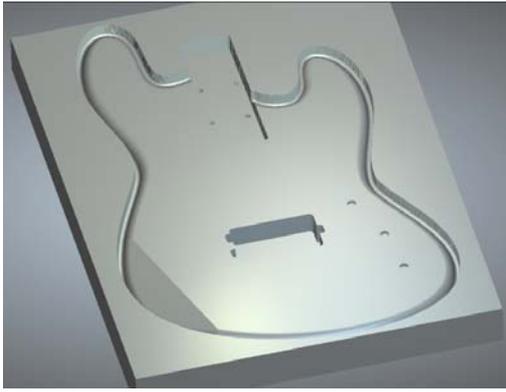


Рис. 5. Симуляция траекторий выборки верхних полостей и отверстий



Рис. 6. Симуляция траекторий выборки нижней полости для электроники

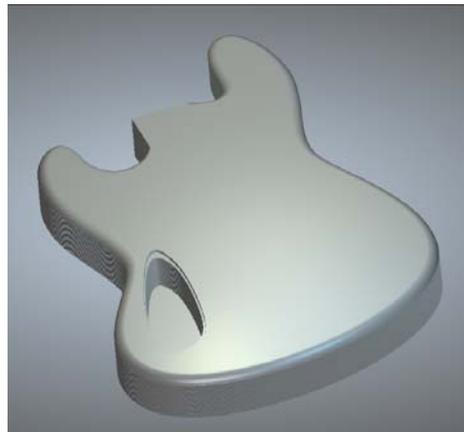


Рис. 7. Симуляция траектории обработки корпуса по профилю

2. Изготовление грифа

2.1. Калибрование пластей детали

Процесс калибровки пластей грифа соответствует представленному выше.

2.2. Выборка анкерного паза

Паз предназначен для установки анкера – металлического стержня, служащего для минимизации деформаций грифа, вызванных перепадами влажности и температуры, а также для регулировки прогиба грифа. Для установки дополнительного усиления конструкции (второго анкера, деревянных, графитовых или титановых реек) фрезеруются дополнительные пазы. Фрезерование выполняется по стратегии, описанной в п. 1.4.

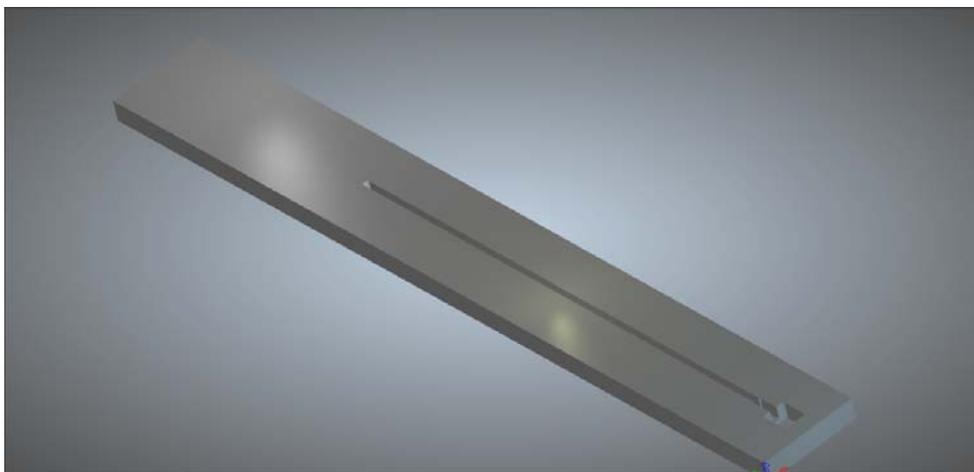


Рис. 8. Симуляция траектории выборки анкерного паза

2.3. Фрезерование головы грифа

Если голова грифа имеет конструкцию прямого типа, то необходимо отфрезеровать её пласт, на которой далее фрезеруются отверстия для монтажа колков. Фрезеровка выполняется по стратегии, описанной в п. 1.4.

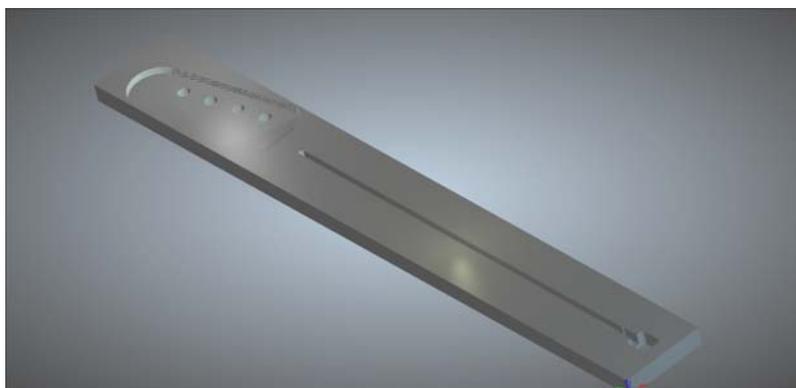


Рис. 9. Симуляция траекторий фрезерования зоны головы грифа и колковых отверстий

2.4. Фрезерование рельефа обратной стороны грифа

На обратной стороне грифа фрезеруется профиль и переходы в пятку и голову грифа. Процесс осуществляется по стратегии, описанной в п. 1.2 и 1.3.

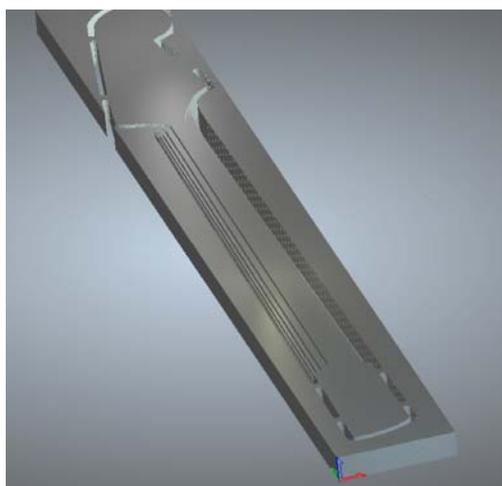


Рис. 10. Симуляция траектории черновой обработки рельефа грифа

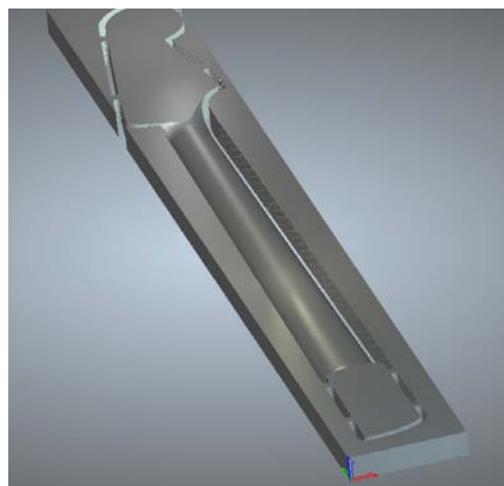


Рис. 11. Симуляция траектории чистовой обработки рельефа грифа

2.5. Обрезка детали по профилю

Процесс описан в п. 1.5.

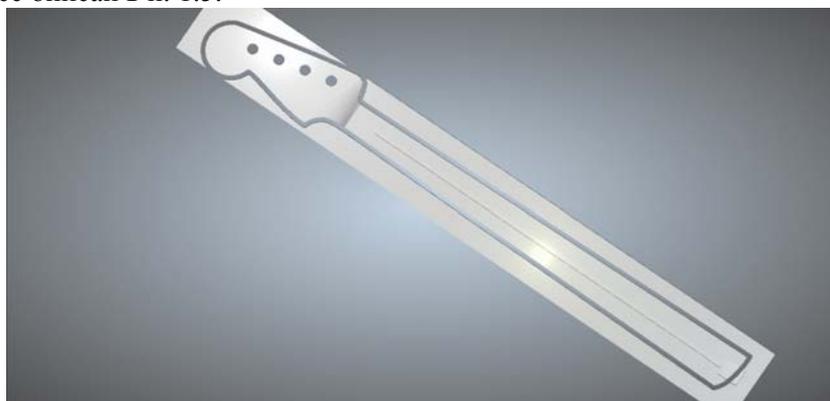


Рис. 12. Симуляция траектории обработки грифа по профилю

3. Изготовление накладки грифа

3.1. Фрезеровка под инкрустацию

Накладки грифов обычно украшают инкрустацией. Она может служить как для маркировки ладов, так и выполнять декоративную функцию. Для простых инкрустаций (маркеров) обычно фрезеруются отверстия диаметром 4–6 мм. Фрезеровка выполняется по траектории выборки со смещением концевыми фрезами диаметром от 2 до 4 мм. Направление резания значения не имеет. Для сложных декоративных инкрустаций фрезеровка выполняется коническими фрезами с радиусом кончика 0,1–0,25 мм по траектории выборки или чистовой обработки рельефа.

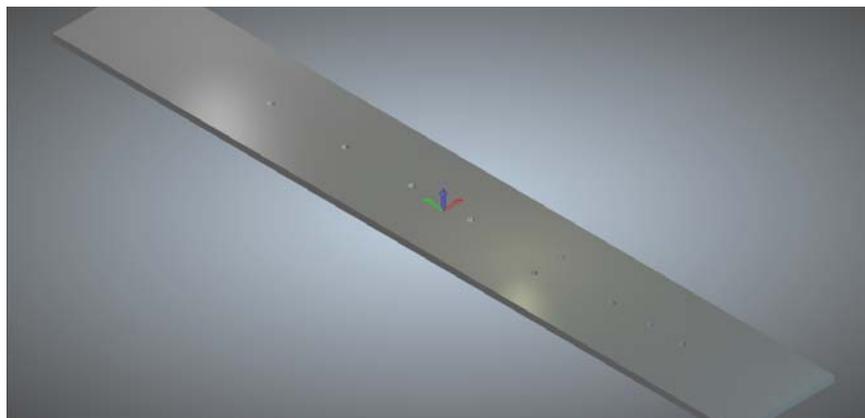


Рис. 13. Симуляция траектории выборки под инкрустацию

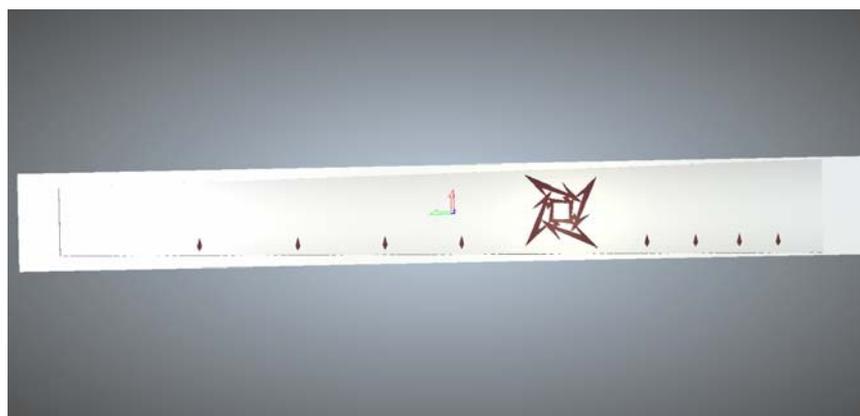


Рис. 14. Пример сложной инкрустации, фрезеровка для которой выполняется конической фрезой с радиусом кончика 0,25 мм

3.2. Фрезерование радиуса накладки

Выполняется по траектории чистовой обработки рельефа, процесс описан в п. 1.3.

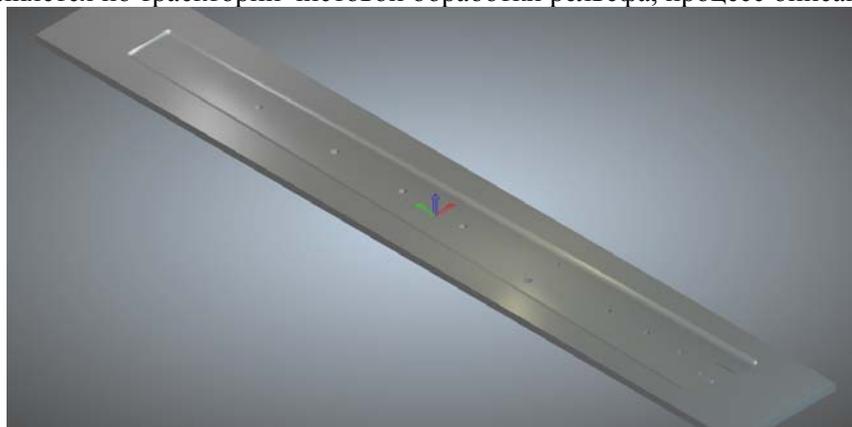


Рис. 15. Симуляция траектории обработки рельефа накладки грифа

3.3. Фрезерование канавок для ладов

Канавки для установки ладов в накладку фрезеруются по траектории обработки по профилю вдоль векторных линий, расположенных точно посередине ладов. Данная операция выполняется концевыми микрофрезами диаметром от 0,3 до 0,6 мм в зависимости от толщины ножек лада. Направление резания – попутное.



Рис.16. Симуляция траектории фрезерования ладовых канавок

3.4. Обрезка по профилю

Процесс описан в п. 1.5.

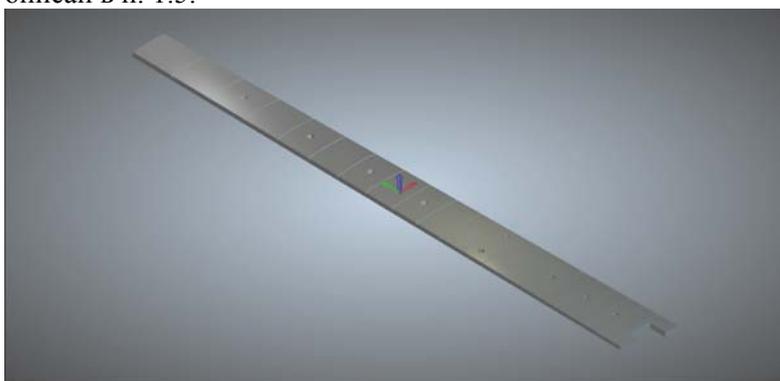


Рис.17. Симуляция траектории обработки накладки по профилю

4. Режимы резания для инструментов

Для обработки твёрдых пород древесины (дуб, ясень, бук, клён) нами было экспериментально подобрано наиболее универсальное значение частоты оборотов шпинделя – 12000 об/мин. Такая частота вращения при верно подобранном шаге, скорости подачи и глубине прохода обеспечивает оптимальную шероховатость обработанной поверхности для большинства твёрдых пород, а также не даёт инструменту перегреваться и обеспечивает минимальную нагрузку на двигатель шпинделя. После обработки в большинстве случаев шлифовку можно начинать зерном P120, что свидетельствует о высоком качестве обработки поверхности.

Экспериментально полученные режимы фрезерования древесины приведены в таблице.

Режимы фрезерной обработки древесины

Параметры	Концевая фреза			Радиусные фрезы		Конические фрезы	
	2	3	4	5	6	7	8
Размеры фрезы	6×30	4×15	12×28	6×15 R3	12×30 R6	6×30 R0,5 (угол 10°)	4×15 R0,25 (угол 12°)

О к о н ч а н и е т а б л и ц ы

1	2	3	4	5	6	7	8
Скорость подачи, м/мин	1,5...2,4	1,5...2,4	2,4...3	1,5...2,4	1,5...2,4	2,4...3	2,4...3
Шаг обработки, мм	2...4	1	4	0,3	1	0,15	0,075
Глубина прохода, мм	2...3	1...2	1...3	-		-	

Выводы. Полученные экспериментально значения режимов обработки могут варьироваться в заданных пределах в зависимости от требуемого соотношения частоты обработки и производительности работы станка, а также от геометрии обрабатываемых участков. При этом использование станков с ЧПУ позволяет оптимизировать полученные режимы обработки деталей с целью повышения точности обработки и снижения процента отходов за счет оптимизации карт раскроя заготовок.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Кох, М. Изготовление электрогитары / М. Кох. – URL: <https://lib.sibnet>.
2. Донахью, Дж. Гитары. Проектирование, производство и ремонт / Дж. Донахью. – URL: Learnforjoy.ru.
3. Комаров, Н.А. Изготовление и ремонт щипковых музыкальных инструментов / Н.А.Комаров, С.Н.Федюнин. – М., 1988. – 272 с.

R e f e r e n c e s

1. Koch, M. Making an electric guitar / M. Koch. – URL: <https://lib.sibnet>.
2. Donahue, J. Guitars. Design, production and repair / J. Donahue. – URL: Learnforjoy.ru.
3. Komarov, N.A. Manufacture and repair of plucked musical instruments / N.A.Komarov, S.N.Fedyunin. – М., 1988. – 272 p.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (ПО ОТРАСЛЯМ)

SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING (ON BRANCHES)

УДК 519.1:629.173

*Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Кувшинова Ольга Александровна,
старший преподаватель кафедры
«Информационно-вычислительные системы»
E-mail: oly791702@mail.ru

*Уральский федеральный университет имени
первого президента России Б.Н. Ельцина*

Россия, 620002, Свердловская область,
г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Кувшинова Елена Васильевна,
студентка
E-mail: kuvsinovae793@gmail.com

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Kuvshinova Olga Aleksandrovna,
Senior Lecturer of the department «Information
and Computing Systems»
E-mail: oly791702@mail.ru

*Ural Federal University named after the first
President of Russia B.N. Yeltsin*

Russia, 620002, Sverdlovsk region,
Yekaterinburg, 19, Mira St.

Kuvshinova Elena Vasilevna,
Student
E-mail: kuvsinovae793@gmail.com

РАЗРАБОТКА КОМБИНАТОРНЫХ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПЕРЕБОРА ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛЕТОВ АВИАЦИОННОГО СООБЩЕНИЯ

О.А. Кувшинова, Е.В. Кувшинова

Бурное развитие информационных технологий значительно повысило уровень использования математических методов в планировании летательных процессов. В частности, стало возможным использование математического моделирования для разработки автоматизированных систем планирования транспортного обслуживания. Автоматизированные системы позволяют реализовать резервы в сфере планирования и управления для своевременного, качественного и полного удовлетворения запросов производственных подразделений предприятий.

Ключевые слова: летательный аппарат, алгоритм, маршрут движения

DEVELOPMENT OF COMBINATORIAL ALGORITHMS FOR AUTOMATED ENUMERATION OF OPTIONS OF TECHNOLOGICAL PROCESSING OF AVIATION FLIGHTS

O.A. Kuvshinova, E.V. Kuvshinova

The rapid development of information technologies has significantly increased the level of use of mathematical methods in planning flight processes. In particular, it has become possible to use mathematical modeling for the development of automated transport service planning systems. Automated systems will make it possible to realize reserves in the field of planning and management for timely, high-quality and complete satisfaction of requests, both for the production departments of the enterprise and for marketing.

Keywords: aircraft, algorithm, route

Одним из подходов к решению проблем управления летательными аппаратами является автоматизация оперативного планирования полетов на местности 400×400 км. Детальный анализ указывает, что межоперационные простои на разных ВВП могут колебаться в пределах 20–70 % от времени полета. Основными причинами этого являются нерациональное использование летательных аппаратов, малоэффективные планирование и нормирование и, как следствие, слабый контроль времени выполнения технологических операций [1]. Поэтому можно сделать выводы, что на современном этапе развития промышленного авиационного транспорта необходимо усовершенствование системы оперативного планирования, нормирования и контроля времени технологических операций с летательными аппаратами.

Поскольку разрабатываемая система планирования должна выполнять поиск рационального варианта автоматически, то она должна «уметь» перебирать разные варианты технологической обработки в процессе поиска. Поэтому были разработаны специальные комбинаторные алгоритмы для автоматического перебора этих вариантов. Взаимодействие алгоритмов во время поиска рационального решения представлено на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема алгоритма технологической обработки входных параметров

Процесс поиска рационального варианта технологической обработки летательного аппарата выполняется следующим образом:

1. Диспетчер вводит данные относительно летательного аппарата.
2. Система получает из базы данных текущую информацию относительно доступности технических средств, о районе полетов, о наличии летательных аппаратов и т.д. Все следующие расчеты ведутся в соответствии с полученными данными.
3. Рассчитывается время полета от исходной точки до места назначения.
4. Рассчитываются все варианты распределения летательного аппарата и времени операций для каждого варианта распределения.
5. Для каждого полученного варианта распределения находится информация с помощью комбинаторного алгоритма.
6. Для каждого полученного варианта распределения летательного аппарата делается расчет времени на выполнение работы с помощью модифицированно-комбинаторной методики [2–4].
7. Полученный результат добавляется к списку результатов так, чтобы этот список был отсортирован по возрастанию.
8. Выводится полученный список рациональных результатов.

Проанализировав вышеприведенный алгоритм, можно вывести формулы для расчета количества вариантов распределения авиационного транспорта. Так, если имеем два однородных класса, то установленное количество летательных аппаратов на одном из них однозначно определяет, какое количество летательных аппаратов установлено на другом. В соответствии с алгоритмом сформируем последовательности класса: $\{w_i\}_{i=1}^2$ – задействованные аппараты – вместимость – сумма вместимости следующих (в этом случае $p_1 = n_2, p_2 = 0$)

$$N_2 = b - a + 1 = \min(c, n_1) - \max(0, c - p_1) + 1. \quad (1)$$

В случае трех однородных классов количество вариантов распределения будет рассчитываться следующим образом:

1. Сформируем последовательности $\{w_i\}_{i=1}^3, \{n_i\}_{i=1}^3$.
2. Для однородных классов w_i по формулам найдем границы, в пределах которых может изменяться количество летательных аппаратов.
3. Для каждого варианта установленных летательных аппаратов w_i по формуле (1) вычислим количество вариантов распределения для двух оставшихся классов, учитывая уменьшенное количество летательных аппаратов, через установление классов w_i . Сумма полученных результатов будет общим количеством вариантов распределения:

$$N_3 = \sum_{d_1=a_1}^{b_1} (\min(c - d_1, n_2) - \max(0, c - d_1 - p_2) + 1), \quad (2)$$

$$a_1 = \max(0, c - p_1), b_1 = \min(c, n_1).$$

Рассуждая аналогичным способом, получим общую формулу для k :

$$N_k = \sum_{d_1=a_1}^{b_1} \sum_{d_2=a_2}^{b_2} \dots \sum_{d_{k-2}=a_{k-2}}^{b_{k-2}} (b_{k-1} - a_{k-1} + 1), \quad (3)$$

$$a_i = \max\left(0, c - \sum_{j=1}^{i-1} d_j - p_i\right), b_i = \min\left(c - \sum_{j=1}^{i-1} d_j, n_i\right).$$

Ввиду того, что каждый вариант характеризуется только одним классом, можно сделать вывод, что избранное распределение летательного аппарата одного класса

никоим образом не влияет на выбор распределения по другому классу и на количество этих распределений:

$$P_1 = \prod_{i=1}^l R_i, \quad (4)$$

где R_i – количество вариантов распределения для задействованного i -го класса; P_1 – общее количество вариантов распределения для всех классов; l – количество задействованных классов.

Дальше рассмотрим разработанный алгоритм перебора вариантов последовательности полета летательного аппарата. Блок-схема алгоритма представлена на рис. 2. Перед началом работы алгоритма необходимо получить следующие выходные данные: $\{p_i\}_{i=1}^m$ – последовательность, которая содержит текущую информацию об избранных аппаратах в данном варианте полета; m – количество задействованных вариантов полета; $p_i = 1$ – является доступным для выбора в данном варианте полета; $p_i = 0$ – уже избран в данном варианте полета; перед началом работы алгоритма все являются доступными: $p_i = 1, i = \overline{1, m}$.

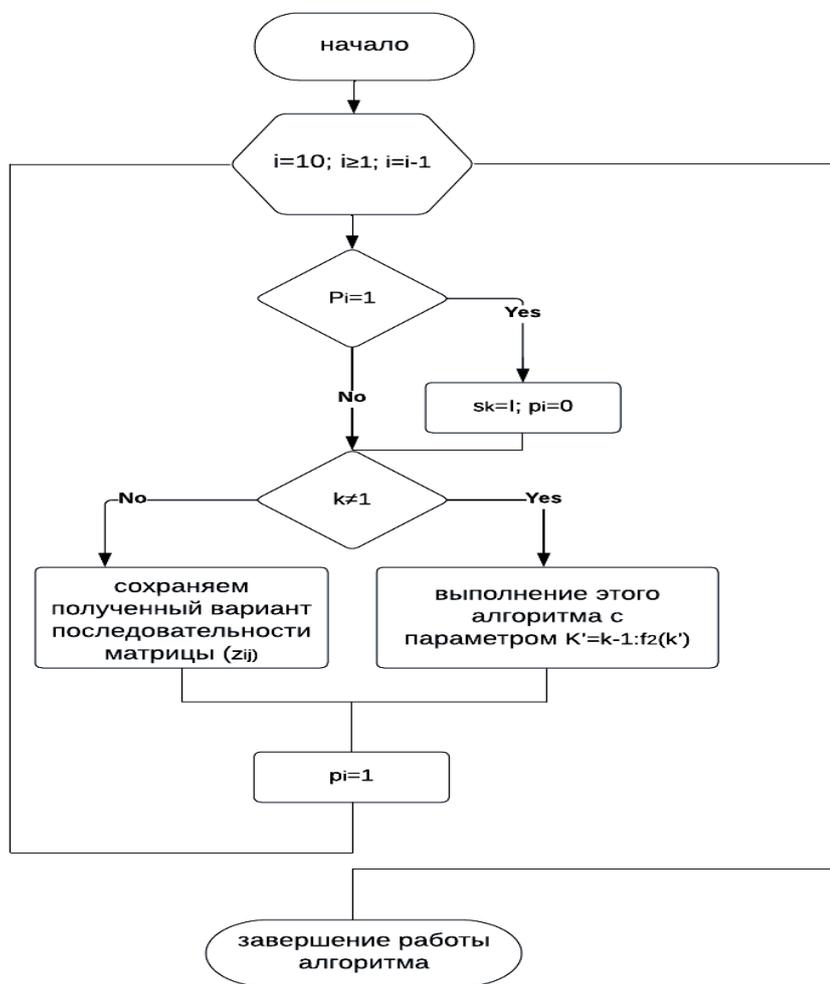


Рис. 2. Блок-схема алгоритма перебора вариантов летательного аппарата

Искомый результат формируется в матрице $(z_{ij})_{i=\overline{1, m}}$. То есть если имеем некоторую последовательность, то строки этой матрицы содержат индексы элементов этой последовательности. Алгоритм используется для получения всех последова-

тельностью полета для $m = 10$. В последовательности формируется текущий вариант, который по окончании его формирования сохраняется в матрице (z_{ij}) . Результаты работы алгоритма используются дальше для определения последовательности полета. Матрицы рассчитываются лишь один раз и не зависят от выходных данных и параметров варианта технологической обработки. Матрицы строятся таким образом, что каждая i -я строка в обеих матрицах отвечает одинаковому варианту последовательности полета, который представляется в виде относительных индексов. То есть выбор строки матрицы дает сразу два представления варианта последовательности развоза, необходимые для расчетов.

Надо назначить каждому из летательных аппаратов определенную группу. Поскольку летательные аппараты одного класса могут иметь одинаковые группы, то полученная перестановка будет иметь повторение. Таким образом, количество вариантов распределения летательных аппаратов по группам для i -го класса будет равняться количеству перестановок с повторениями:

$$H_i = \frac{h_i!}{(v_{m_i-1} + 1)! \cdot (v_{m_i-1} + 2)! \cdot \dots \cdot v_{m_i}!} \quad (5)$$

Поскольку распределение групп одного класса не влияет на распределение групп других классов, то общее количество вариантов распределения летательных аппаратов по группам будет равняться произведению количеств вариантов распределения для каждого класса:

$$P_2 = \prod_{i=1}^l H_i \quad (6)$$

С помощью представленных выше алгоритмов выполняется автоматизированный перебор возможных значений параметров целевой функции \bar{v} \bar{q} .

В связи с тем, что выходные данные для расчета времени на движение постоянные для каждого варианта технологической обработки, то этот расчет выполняется лишь один раз, и его результаты представляются в виде дискретной таблично-заданной функции $T(x_1, x_2, x_3)$. Выходными данными для расчета является: $\{s_i\}_{i=1}^{c+1}$ – последовательность расстояний, через которые проходит маршрут движения от пункта с идентификатором x_1 к пункту с идентификатором x_2 ; i – порядковый номер перевода, от которого измеряется расстояние; c – количество переводов, через которые проходит маршрут движения (с учетом повторов); $s_1 \dots s_{c+1}$; $\{a_j\}_{j=1}^{c'}$ – последовательность индексов переводов из маршрута, которые нужно переводить; c' – количество таких переводов (с учетом повторов). Фактически имеем: $s_i = s_i(x_1, x_2)$, $i = \overline{1, c}$; $a_j = a_j(x_1, x_2)$, $j = \overline{1, c'}$. Таким образом, получим:

$$T(x_1, x_2, x_3) = \tilde{T}(x_3, s_1^* + s_2 + \dots + s_{a_1}) + \tilde{T}(x_3, s_{a_1+1} + s_{a_1+2} + \dots + s_{a_2}) + \dots + \tilde{T}(x_3, s_{a_{c'+1}} + s_{a_{c'+2}} + \dots + s_{c+1}^*) + \frac{c'}{60}, \quad (7)$$

где $s_1^* = s_1/2$, если x_1 – идентификатор пути, в противоположном случае $s_1^* = s_1$; аналогично, если x_2 – идентификатор пути, то $s_{c+1}^* = s_{c+1}/2$, в противоположном случае $s_{c+1}^* = s_{c+1}$.

Таким образом, анализ показал, что целесообразно разработать гибкую информационно планирующую систему с элементами поддержки принятия решений, кото-

рая легко адаптируется к случайному изменению задач и приоритетов. Планирующий блок системы должен быть интегрирован с информационной системой и выдавать результаты расчетов в удобной для восприятия форме.

Список литературы

1. Роганов, В.Р. Структура математического обеспечения комплекса по подготовке баз данных для систем синтеза визуальной обстановки / В.Р. Роганов // Проблемы и перспективы голографии и оптико-электроники в системах визуализации (материалы элементы, устройства, системы): сб. научн. тр. НИКФИ / под ред. Ю.Н. Овечкиса. – М., 1989. – С. 117–120.
2. Персианов, В.А. Моделирование транспортных систем / В.А. Персианов, К.Ю. Скалов, Н.С. Усков. – М.: Транспорт, 1972. – 208 с.
3. Годунов, А.И. Идентификация процессов управления в сложных системах / А.И. Годунов. – Пенза: ПВАИУ, 1986. – 42 с.
4. Строчачук, С.Н. Состояние и перспективы развития авиационного тренажеростроения / С.Н. Строчачук, В.А. Коваленко, Б.К. Кемалов, Э.В. Лапшин // Инновации в условиях развития информационно-коммуникационных технологий. – 2008. – № 1. – С. 439–447.

References

1. Roganov, V.R. The structure of the software for the complex for preparing databases for visual environment synthesis systems / V.R. Roganov // Problems and prospects of holography and optoelectronics in visualization systems (materials, elements, devices, systems): Collection of scientific papers NIKFI / Edited by Yu.N. Ovechkis. – M., 1989. – P. 117–120.
2. Persianov, V.A. Modeling of transport systems / V.A. Persianov, K.Yu. Skalov, N.S. Uskov. – M.: Transport, 1972. – 208 p.
3. Godunov, A.I. Identification of control processes in complex systems / A.I. Godunov. – Penza: PVAIY, 1986. – 42 p.
4. Strokachuk, S.N. State and prospects for the development of aviation simulators / S.N. Strokachuk, V.A. Kovalenko, B.K. Kemalov, E.V. Lapshin // Innovations in the context of the development of information and communication technologies. – 2008. – № 1. – P. 439–447.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Кузина Валентина Владимировна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Информационно-вычислительные системы»
E-mail: kuzina@pguas.ru

Егорова Ольга Владимировна,
студент
E-mail: olgaegorova00@gmail.com

Penza State University of Architecture and Construction

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Kuzina Valentina Vladimirovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
department «Information and Computing Systems»
E-mail: kuzina@pguas.ru

Egorova Olga Vladimirovna,
Student
E-mail: olgaegorova00@gmail.com

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА

В.В. Кузина, О.В. Егорова

Рассматриваются результаты исследования вредного воздействия веществ, поступающих с атмосферными осадками в грунтовые воды. Подробно описана работа с базой данных, входящей в состав информационной системы для анализа качества воды. Приведен пример применения информационной системы (ИС) для расчета фоновой концентрации загрязняющих веществ на заданной глубине.

Ключевые слова: информационная система, база данных, предельно допустимая концентрация, грунтовые воды, тяжелые металлы

DEVELOPMENT OF A DATABASE FOR THE INFORMATION SYSTEM WHEN SOLVING PROBLEMS AT THE DESIGN STAGE OF A CONSTRUCTION FACILITY

V.V. Kuzina, O.V. Egorova

The article deals with the study of the harmful effects of substances entering the groundwater with precipitation. The work with the database, which is part of the information system for water quality analysis, is described in detail. An example of the use of IS for calculating the background concentration of pollutants at a given depth is given.

Keywords: information system, database, maximum allowable concentration, C# language, groundwater, heavy metals

Одним из этапов проектирования объекта строительства, в соответствии с требованиями Градостроительного кодекса Российской Федерации, является выполнение инженерных изысканий на площадке. К ним относятся инженерно-экологические и инженерно-гидрометеорологические изыскания, включающие сбор информации о природно-климатических условиях площадки строительства, особенностях растительного и животного мира, наличии техногенных источников загрязнения и т.д.

Целью работы является создание базы данных для разрабатываемой авторами информационной системы расчета фоновой концентрации загрязняющих веществ в грунтовых водах.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью сбора, систематизации и хранения информации для анализа техногенных и природных условий площадки будущего строительства.

В современных условиях становится очевидным, что загрязнение грунтовых вод создает серьезную проблему при строительстве. Вопросы экологии и защиты окружающей среды от вредных воздействий стоят особенно остро, так как очень велика нагрузка на окружающую среду.

К грунтовым водам относят подземные воды, расположенные ниже почвенной толщи, дренируемые реками или вскрываемые эрозионной сетью.

В формировании грунтовых вод принимают участие конденсационные воды и осадки, фильтрующиеся через почвенную толщу. Состав осадков при прохождении их через почву постепенно меняется и во многом зависит от конкретных свойств почвы: реакции почвенной среды, ее газового состава, скорости просачивания вод, генетических свойств почв, унаследованных от материнской породы. Поэтому можно утверждать, что почвой контролируются все основные составляющие механизма образования грунтовых вод [1].

Фильтрующиеся через почвенную толщу атмосферные осадки постепенно меняют свой состав и связывают такие разные воды, как дождевая, воды почвенного раствора, речная и морская.

Особенности грунтовых вод:

- имеют свободную поверхность воды;
- область их питания за счет инфильтрующихся в грунт атмосферных осадков совпадает с областью их распространения;
- режим грунтовых вод зависит от географических условий местности, в первую очередь от метеорологических факторов;
- связаны с поверхностными водами, поскольку они либо питают поверхностные воды, либо, наоборот, питаются за счет инфильтрации в грунт поверхностных вод [1].

При выполнении инженерных изысканий на площадке строительства необходимо исследовать взаимосвязь поверхностных и грунтовых вод. Для строительства это важно потому, что эрозионная сеть (овраги, долины рек) является природной дренажной сетью, определяющей высотное положение уровня грунтовых вод.

Разрабатываемая информационная система предназначена для оценки качества грунтовых вод с целью исследования возможности их дальнейшего использования для питьевого водоснабжения.

Загрязнение грунтовых вод на строительной площадке может произойти при миграции поллютантов, присутствующих в грунте и образующихся в ходе технологических процессов.

Возможное негативное влияние на грунтовые воды выражается:

- в изменении условий питания, движения и качества подземных вод за счет изменения рельефа и в изменении гидрогеологических условий;
- в воздействии на состояние растительности прилегающих территорий;
- в изменении многолетнего режима подземных вод [2].

Значительную экологическую проблему при попадании как в поверхностные, так и в грунтовые воды порождают тяжелые металлы (мышьяк, свинец, кадмий, ртуть, хром, медь, цинк, никель, селен, серебро, сурьма, марганец) из-за токсичности и стойкости.

Самыми опасными являются мышьяк, кадмий, свинец и ртуть.

Мышьяк – металл, который поступает в почву вместе с пестицидами и гербицидами, которые используются для борьбы с насекомыми-вредителями.

Кадмий – металл, который поступает в почву вместе с фунгицидами, суперфосфатом и выхлопными газами. Основными источниками являются промышленные отходы в ходе добычи медной и свинцовой руды.

Свинец – металл, который поступает в почву в месте его добычи. Источники загрязнения: шоссе, автомагистраль.

Ртуть – металл, который поступает в землю вместе с пестицидами, используемыми в заземлении для борьбы с вредителями и болезнью сельхозкультур. Второй

источник ртути – бытовые и промышленные отходы, элемент присутствует в люминесцентных лампах, термометрах и многих измерительных приборах [1].

Самые распространенные загрязняющие вещества, попадающие в грунтовые воды, фиксируются на уровне либо выше предельно допустимых концентраций (ПДК).

Для оценки загрязнения подземных вод используются методы математического моделирования. Математическая модель, описывающая распространение загрязняющего вещества в подземных водах, представляет собой систему дифференциальных уравнений в частных производных [3].

Разрабатываемая информационная система (ИС) позволяет рассчитывать концентрации для исследования вредного воздействия веществ, которые поступают с атмосферными осадками в грунтовые воды.

Для разработки информационной системы выбрана платформа Visual Studio 2019 Professional и написан язык программирования C#.

Для работы ИС понадобятся компьютеры следующих минимальных характеристик, представленных в таблице.

Параметры ПК

Параметр	Требование
Процессор	Intel Core i3-8100
Оперативная память	8ГБ, DDR4
Видеокарта	Intel UND Graphics 630
Жёсткий диск	128ГБ(SSD)

База данных (БД), входящая в состав ИС, содержит следующие данные: загрязняющее вещество (наименование, единица измерения), предельно допустимую концентрацию (ПДК), коэффициент диффузии. Форма работы с БД (рис. 1) позволяет выбирать данные из таблицы, а не вводить их с клавиатуры.

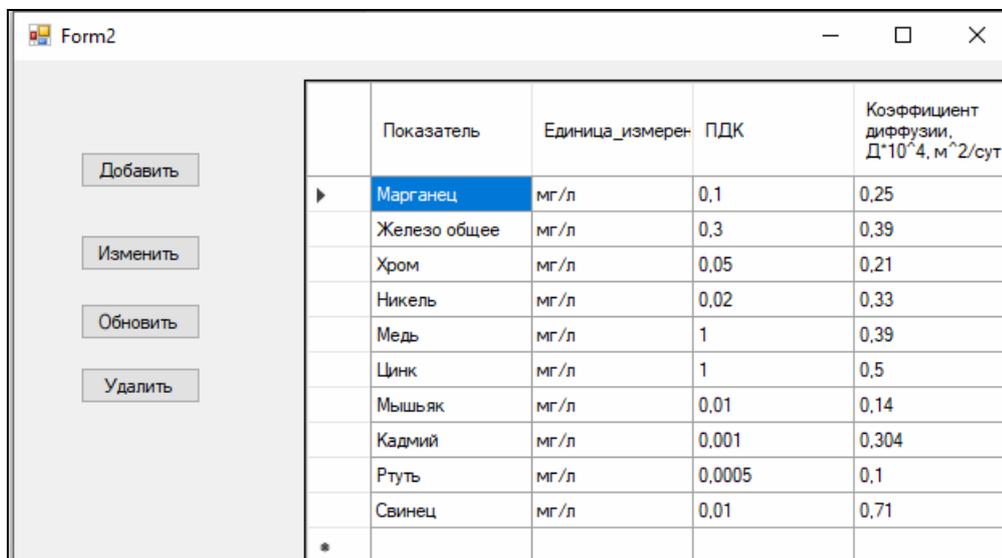


Рис. 1. Вид формы для работы с БД

Для удобства работы с БД были созданы кнопки: добавить, изменить, обновить и удалить.

Кнопка «Добавить» служит для добавления строки в БД.

Кнопка «Изменить» нажимается после того, как в таблицу внесены изменения, которые необходимо сохранить в БД.

Кнопка «Обновить» нужна для того, чтобы обновить таблицу в БД, если там произошли изменения.

Кнопка «Удалить» предназначена для удаления ненужных строк.

Для предотвращения случайного удаления создано всплывающее окно (рис. 2).

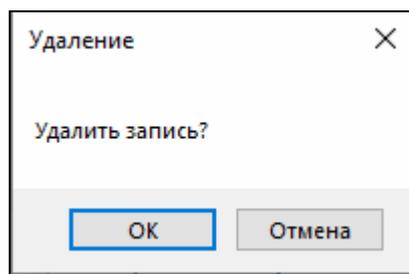


Рис. 2. Предупреждение об удалении

Для расчета разработана отдельная форма (рис. 3).

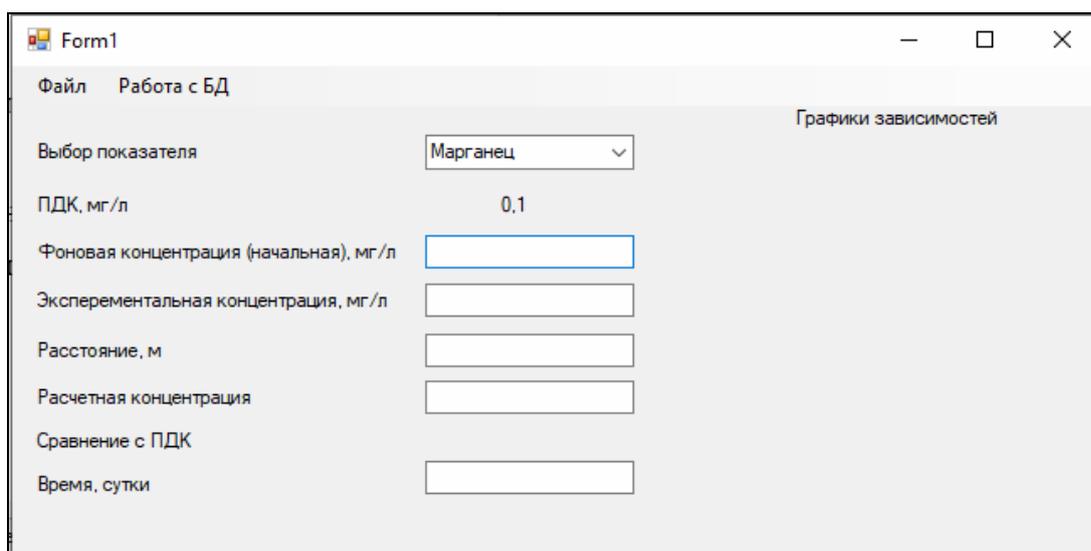


Рис. 3. Форма для расчета

Выбор показателя из списка, хранящегося в БД, представлен на рис. 4.

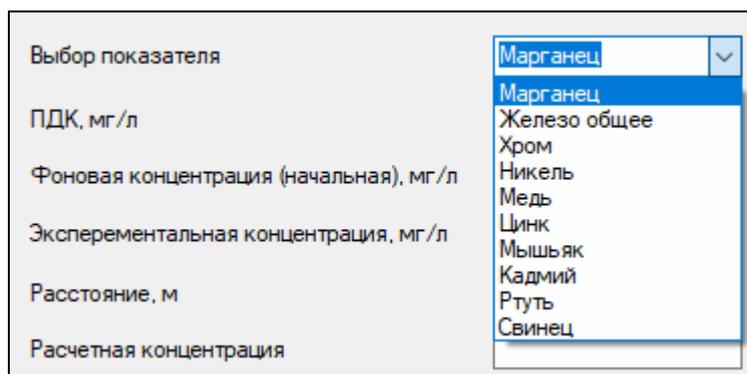


Рис. 4. Вид списка «Выбор показателя»

В соответствии с выбранным показателем, из БД выводится значение ПДК (рис. 5).



Рис. 5. Вывод ПДК показателя «Железо общее»

Фоновая концентрация ($C_{\text{фон}}$) вводится с клавиатуры так же, как и экспериментальная концентрация ($C_{\text{эксперимент}}$). После ввода их значений система сравнивает их сумму с ПДК и выводит сообщение «Превышает» или «В норме». Пример сравнения представлен на рис. 6.

Выбор показателя	Железо общее
ПДК, мг/л	0,3
Фоновая концентрация (начальная), мг/л	0,1
Экспериментальная концентрация, мг/л	0,1
Расстояние, м	
Расчетная концентрация	0,2
Сравнение с ПДК	В норме

Рис. 6. Пример сравнения концентраций

В информационной системе предусмотрена возможность сохранения данных в файл (рис. 7) и открытия ранее сохраненного файла. Это же меню позволяет перейти к работе с БД или выйти из программы.

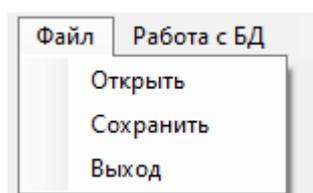


Рис. 7. Вид меню

Для получения расчетных значений была выбрана одномерная математическая модель, учитывающая только диффузионное распространение вещества в глубину. При выполнении компьютерного эксперимента производится обращение к математическому пакету MathCAD. Пример расчета на глубине 30 м (рис. 8) показывает превышение концентрации по общему железу, $C = 0,045$, что и подтверждают проведенные замеры. Расчет на глубине 60 м не дает превышений.

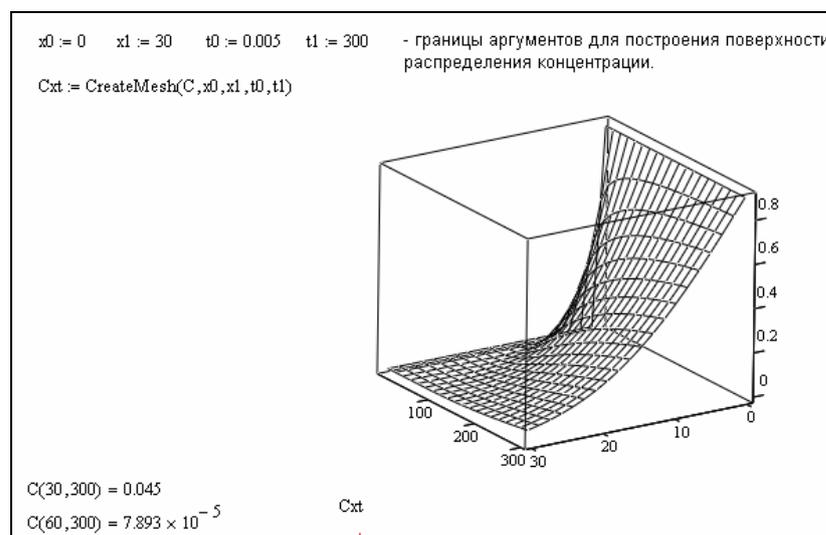


Рис. 8. Пример компьютерного эксперимента

Сравнение результатов экспериментов с расчетными данными говорит об адекватности математической модели.

Дальнейшая работа над ИС, включающая расширение БД и увеличение функционала ИС, позволит использовать ее для анализа качества грунтовых вод на реальных участках местности.

Список литературы

1. Волкова, И.Н. Экологическое почвоведение / И.Н. Волкова. – Ярославль, 2013. – 32 с.
2. Щепетова, В.А. Оценка качества грунтовых вод при инженерных изысканиях в строительной деятельности. / В.А. Щепетова, Н.А. Богомягкова // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2022. – № 2 (39). – С. 259–263.
3. Математическое моделирование миграции и многостадийных превращений химических веществ в подземных водах / А.А. Афанасьева, Д.И. Назаренко, Т.Н. Швецова-Шиловская, Е.В. Казарезова // Научный вестник НГТУ. – 2019. – Т. 76, № 3. – С. 7–20.

References

1. Volkova, I.N. Ecological soil science / I.N. Volkova. – Yaroslavl, 2013. – 32 p.
2. Shchepetova, V.A. Assessment of the quality of ground water during engineering surveys in construction activities. / V.A. Shchepetova, N.A. Bogomyagkova // Education and science in the modern world. Innovation. – 2022. – No. 2 (39). – P. 259–263.
3. Mathematical modeling of migration and multi-stage transformations of chemicals in groundwater / A.A. Afanasiev, D.I. Nazarenko, T.N. Shvetsova-Shilovskaya, E.V. Kazarezova // Scientific Bulletin of NSTU. – 2019. – Vol. 76, No. 3. – P. 7–20.