УДК 626.3

DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-85-103

Г. В. Дегтярев, Т. И. Сафронова, Р. Б. Гольдман, О. Г. Дегтярева

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар,
Российская Федерация

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ МОСТОВОГО ПЕРЕЕЗДА НА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОМ ЗВЕНЕ МЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ

Целью исследований являлось создание конечно-элементной модели конструкций гидротехнических сооружений (в частности, водоводов-переездов) на основе натурных исследований технического состояния сооружения с помощью современных программных продуктов. Был обследован водовод-переезд и выявлены дефекты: значение максимального прогиба составляет 13 мм по плите, на конструкциях зафиксировано наличие трещин с шириной раскрытия до 7 мм, наличие трещин с глубиной развития до 240 мм, коррозия первого и второго типа, глубина карбонизации бетона, которая составляет для пролетной части 25 мм, для опорной части – 41 мм. Выполнено математическое моделирование водовода-переезда с помощью многофункционального программного комплекса Stark ES (версия 2018) на основе нормативных документов. Исходными данными для расчета являются: нормативное ветровое давление – 0,38 кПа; расчетное значение снегового давления – 1,2 кПа; сейсмичность площадки строительства – 9 баллов. Нагрузки с учетом актуальной схемы сведены в таблицу. Получены результаты усилий в конструкциях. Проведено сопоставление значений армирования и прогибов, полученных при обследовании объекта, и расчетных. В результате сопоставления выявлено: запас армирования элемента при обследовании конструкции составляет 6,76 %, прогиб элемента составляет 57,9 % от установленного нормативного значения. При повышении расчетных нагрузок на 10 % максимальные значения площади поперечного сечения армирования составляют 38,45 квадратных сантиметра на метр, следовательно, требуемое армирование превышает фактическое на 1,14 %, что свидетельствует о предельно допустимых значениях нагрузки, которые составляют: от двухосной тележки с осевой нагрузкой – 273 кН; от равномерно распределенной нагрузки АК – 9,66 кПа; от НК18 в виде четырехосной тележки – 388,08 кН.

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, коррозия, математическое моделирование, численный расчет, конечно-элементная модель.

G. V. Degtyarev, T. I. Safronova, R. B. Gol'dman, O. G. Degtyareva

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

COMPUTATIONAL MODELING OF BRIDGE CROSSING STATE IN INTRAFARM OF RECLAMATION SYSTEM

The purpose of the research was to create a finite-element model for the design of hydraulic structures (in particular, water conduits, crossings) based on field observations of the technical condition of the structure using modern software products. A water conduit-crossing was examined and defects were revealed: the maximum deflection is 13 mm across the plate, there are cracks with opening widths up to 7 mm on the structures, cracks with depths of development up to 240 mm, corrosion of the first and second types, the depth of carbonization of

concrete is 25 mm for the span, and 41 mm for the supporting part. Mathematical modeling of the water conduit-crossing was performed using the Stark ES multifunctional software package (version 2018) on the basis of regulatory documents. The initial data for the calculation are: standard wind pressure – 0.38 kPa; estimated snow pressure – 1.2 kPa; seismicity of the construction site – 9 points. Loads with the current scheme are summarized in the table. The results of the construction efforts are obtained. A comparison of the values of reinforcement and deflections obtained during the inspection of the object and calculated ones was carried out. As a result of the comparison it was revealed that the stock of reinforcement of the element during the inspection of the structure is 6.76 %, the deflection of the element is 57.9 % of the design standard value. With an increase in design loads by 10 %, the maximum values of the reinforcement of cross-sectional area are 38.45 square centimeters per meter, therefore, the required reinforcement exceeds the actual one by 1.14 %, which indicates the maximum permissible load values, which are: from a two-axle bogie with an axial load – 273 kN; from uniformly distributed load AK – 9.66 kPa; from NK18 in the form of a four-axle bogie – 388.08 kN.

Keywords: hydraulic structure, corrosion, mathematical modeling, numerical calculation, finite element model.

Введение. Особенностью работы межхозяйственных водоводов-переездов на юге России является то, что по завершении сезона поливов русла водоводов обезвоживаются. Однако работа самого гидротехнического сооружения как переезда в режимах обводнения и без воды сказывается на надежности как элементов конструкции, так и сооружения в целом, что отмечается в монографии академика В. Н. Щедрина [1].

Переменный режим работы переездов характерно сказывается на их несущей способности, приводящей в ряде случаев и к аварийным ситуациям. Постоянный мониторинг сооружений данного вида – весьма дорогостоящее мероприятие, а вот математическое моделирование объекта с внесением в модель как реально выявленных факторов, определяющих его состояние, так и изменяющихся (вследствие старения со временем) позволит реально владеть эксплуатационной ситуацией и предвидеть перспективу ее развития.

Исследовано техническое состояние водовода-переезда, расположенного в Краснодарском крае вблизи г. Геленджика. Характеристика природных условий эксплуатации объекта следующая: 1) ветровой район V; нормативное значение ветрового давления W_0 равно 0,6 кПа; 2) снеговой район II, расчетное значение веса снегового покрова равно 1,20 кПа; 3) сейсмичность площадки строительства по карте ОСР-2015-В составляет 9 баллов; 4) рельеф местности предгорный.

Материалы и методы. Конструктивная схема водовода-переезда балочная (рисунок 1), наиболее распространенная на мелиоративных системах [2, 3].

Рисунок 1 – Общий вид конструкции водовода-переезда (фото авторов)

Основные несущие элементы сооружения – это сборные бетонные блоки (опоры) и железобетонные плиты (пролет).

На рисунке 2 представлены геометрические характеристики сооружения.

На рисунке 3 показаны геометрические характеристики сооружения по разрезу 2–2.

Горизонтальными несущими элементами являются железобетонные плиты 1000×6800 мм толщиной 300 мм, армированные арматурой А-III диаметром 22 мм шагом 100 мм.

Внешний осмотр конструкций сооружения проводился с целью обнаружения дефектов трех типов, наиболее характерных для подобных сооружений [4, 5]. Зафиксированы нижеследующие дефекты: дефект первого типа – локальное разрушение защитного слоя (рисунок 4); дефект второго типа – коррозия железобетонных элементов (рисунок 5, а и б); дефект третьего типа – трещины железобетонных конструкций (рисунок 6).

Рисунок 2 – Геометрические характеристики сооружения

Рисунок 3 – Геометрические характеристики сооружения по разрезу 2–2

Рисунок 4 – Локальное разрушение защитного слоя (фото авторов)

а)

б)

Рисунок 5 – Коррозия железобетонных элементов (фото авторов)

Рисунок 6 – Трещины в железобетонных конструкциях (фото авторов)

Результаты и обсуждения. По результатам геодезических измерений выполнено построение продольных и поперечных профилей дорожного полотна по рекомендациям М. А. Бандурина и др. [6]. На рисунке 7 в качестве примера представлен поперечный профиль № 3.

Рисунок 7 – Поперечный профиль № 3

При инструментальном измерении пролетной части водовода-переезда нивелиром оптическим CST/Berger SAL 32 ND зафиксированы значения прогибов. Значение максимального прогиба составляет 13 мм (по плите № 1).

Определение прочностных характеристик бетона осуществлено методом неразрушающего контроля приборами «Оникс-ОС» и УКС-МГ4С.

Для измерения ширины раскрытия трещины был использован микроскоп МПБ-2 и рулетка металлическая Fisco.

На рисунке 8 представлен вид дефекта № 3 – трещины в железобетонных конструкциях.

В конструкциях зафиксировано наличие трещин с шириной раскрытия до 7 мм. Согласно нормам предельно допустимая ширина раскрытия трещин из условия обеспечения сохранности арматуры классов А240 – А600, В500 составляет: а) 0,3 мм – при продолжительном раскрытии трещин; б) 0,4 мм – при непродолжительном раскрытии трещин¹. Таким обра-

¹ Защита строительных конструкций от коррозии: СП 28.13330.2012: утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 29.12.11: введ. в действие с 01.01.13. – М., 2013. – 99 с.

зом, условие сохранности арматуры не выполняется, следовательно, сооружение находится в ограниченно работоспособном состоянии.

**Рисунок 8 – Трещины в железобетонных конструкциях
(фото авторов)**

Для измерения глубины трещин использованы приборы неразрушающего метода контроля А1220 Монолит, УКС-МГ4С, которые позволили зафиксировать наличие трещин с глубиной развития до 240 мм.

На водоводе-переезде выполнены исследования, посвященные определению коррозии бетона. Зафиксирована коррозия следующих типов:

- коррозия первого типа (коррозия, которая возникает в бетоне при действии жидких сред (водных растворов)). Составные части цементного камня растворяются и выносятся (рисунок 9);

- коррозия второго типа – коррозия, при которой происходят химические взаимодействия – обменные реакции между цементным камнем и раствором, в т. ч. обмен катионами (рисунок 10).

Определена глубина карбонизации бетона, которая составляет для пролетной части 25 мм, для опорной части 41 мм.

В исследовании коррозии третьего типа не зафиксировано.

При определении коррозии продольной арматуры в пролетных конструкциях водовода-переезда установлено, что диаметр арматуры без кор-

розии (t_n) составляет 22 мм, а коррозионной арматуры (t_k) составляет 21 мм. Таким образом, процент потери диаметра арматуры несущих элементов в среднем составляет 4,5 %.

Рисунок 9 – Коррозия I типа (фото авторов)

a – в пролетной части; *б* – в опорной части

Рисунок 10 – Коррозия II типа (фото авторов)

Численный расчет водовода-переезда с учетом результатов обследования выполнен с применением многофункционального программного комплекса Stark ES (версия 2018) на основе следующих нормативных

документов^{2, 3, 4}: СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия»; СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»; СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции», по аналогии с подобными расчетами, предложенными в своей работе Г. В. Дегтяревым [7].

Исходными данными для расчета являются: нормативное ветровое давление – 0,38 кПа; расчетное значение снегового давления – 1,2 кПа; сейсмичность площадки строительства – 9 баллов, что соответствует рекомендациям Ф. К. Абдразакова и др. [8].

Сбор нагрузок с учетом актуальной схемы сведен в таблицу 1.

Таблица 1 – Сбор нагрузок на конструкцию

Наименование нагрузки	Единица измерения	Нормативное значение	Коэффициент надежности / динамичности	Расчетное значение	Номер нагружения по заданной нагрузке
Постоянные и длительные					
Собственный вес конструкций	т/м ³	2,5	1,1	2,75	1
Собственный вес дорожного покрытия	кН/м ³	20	1,5	30	2
Собственный вес металлических перил	т/м ³	7,85	1,05	8,24	1
Собственный вес насыпного материала	кН/м ³	13	1,1	14,3	1
Временная нагрузка (с учетом коэффициента динамичности)					
Двухосная тележка с осевой нагрузкой 10К	кН	140	1,5/1,3	273	3
Равномерно распределенная от АК	кН/м ²	8,4	1,15/1	9,66	4
НК18 в виде четырехосной тележки	кН	352,8	1,1/1	388,08	5
Примечание – Собственный вес конструкций включается с коэффициентом надежности по нагрузке в отдельное нагружение и вычисляется автоматически.					

Конечно-элементная модель [9] водовода-переезда представлена на рисунке 11.

² Нагрузки и воздействия: СП 20.13330.2011: утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 27.12.10: введ. в действие с 20.05.11. – М.: Минрегион России, 2011. – 96 с.

³ Мосты и трубы: СП 35.13330.2011: утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 28.12.10: введ. в действие с 20.05.11. – М.: Минрегион России, 2011. – 346 с.

⁴ Бетонные и железобетонные конструкции: СП 63.13330.2012: утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 29.12.11: введ. в действие с 01.01.13. – М., 2012. – 168 с.

Рисунок 11 – Исходная конечно-элементная модель для расчета

Материалы конечно-элементного проекта (3D-стержни) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Материалы 3D-стержней

Номер материала	A м ²	A_s м ²	A_t м ²	I_r м ⁴	I_s м ⁴	I_t м ⁴	E кПа	G кПа	Rho т/м ³
1	0,00042	0,00022	0,00022	$7,99e^{-8}$	$4e^{-8}$	$4e^{-8}$	$2,06e^{+8}$	$7,92e^{+7}$	8,24
2	0,00090	0,00045	0,00045	$7,33e^{-7}$	$3,66e^{-7}$	$3,66e^{-7}$	$2,06e^{+8}$	$7,92e^{+7}$	8,24
3	0,00134	0,00067	0,00067	$2,42e^{-6}$	$1,21e^{-6}$	$1,21e^{-6}$	$2,06e^{+8}$	$7,92e^{+7}$	8,24

Примечание – A – площадь поперечного сечения; A_s – сдвиговая площадь в направлении OS; A_t – сдвиговая площадь в направлении OT; I_r – момент инерции относительно OR; I_s – момент инерции относительно OS; I_t – момент инерции относительно OT; E – модуль упругости; G – модуль сдвига; Rho – плотность материала.

Материалы конечно-элементного проекта (изотропные материалы) представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Изотропные материалы

Номер материала	d	E	μ_{ue}	Rho
	м	кН/м ²		т/м ³
4	0,3	$3e^{+7}$	0,2	2,75

Примечание – d – толщина; E – модуль упругости; μ_{ue} – коэффициент Пуассона; Rho – плотность материала.

С целью определения напряженно-деформированного состояния конструкций водовода-переезда выполним задание нагрузок [10].

На рисунке 12 в качестве примера представлены равномерно распределенные и линейные нагрузки, соответствующие нагружению 1.

Рисунок 12 – Равномерно распределенные и линейные нагрузки, соответствующие нагружению 1

Подобным образом выполнены задания нагрузок по нагружениям 2–5.

Статический расчет проводился в соответствии с комбинациями нагрузжений, которые представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Комбинации нагружений

Номер	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-4	НГ-5
К-1	1	1	1	0	0
К-2	1	1	0,8	0,7	0
К-3	1	1	0,8	0	0,7
К-4	1	1	0,8	0,7	0,7
К-5	1	1	0	1	0
К-6	1	1	0,7	0,8	0
К-7	1	1	0	0,8	0,7
К-8	1	1	0,7	0,8	0,7
К-9	1	1	0	0	1
К-10	1	1	0,7	0	0,8
К-11	1	1	0	0,7	0,8
К-12	1	1	0,7	0,7	0,8

По результатам проведенного статического расчета, получены результаты усилий в конструкциях, максимальные значения усилий зафиксированы в комбинации 12. На рисунке 13 представлена поперечная сила на площадке (Q_r ; Q_s), а на рисунке 14 изгибающий момент (M_r , M_s).

Рисунок 13 – Поперечная сила на площадке (Qr ; Qs)

Рисунок 14 – Изгибающий момент (Mr , Ms)

Результаты расчета армирования и максимальные значения площади поперечного сечения арматуры зафиксированы в комбинации 12, и пред-

ставлено в качестве примера верхнее армирование вдоль осей «r» и «s» соответственно на рисунках 15 и 16.

Min Asro = 0 cm^2/m , max Asro = 37,8178 cm^2/m

Asro = [31.39, 37.82] cm^2/m

С учетом осреднения: Asro = 35,44 cm^2/m

Рисунок 15 – Верхнее армирование вдоль оси «r»

Рисунок 16 – Верхнее армирование вдоль оси «s»

Результаты расчетов по определению прогибов элементов конструкций представлены на рисунке 17.

Рисунок 17 – Прогиб элементов конструкций

Сопоставление значений армирования и прогибов, полученных при обследовании объекта и расчете, сведено в таблицу 5.

Таблица 5 – Сопоставление результатов обследования и расчетов

Зона обследования	Армирование элемента			
	Значение по итогу обследования, см ² /м	Расчетное значение, см ² /м		Разница, %
Пролет	38,01	35,44		+6,76
	Прогиб элемента			
	Значение по итогу обследования, мм	Расчетное значение, мм	Нормативное значение, мм	Разница, %
	4	1,349	9,5	66,27* 57,9**

Примечание – знак «+» означает наличие избытка площади поперечного сечения арматуры; * – разница между значением по итогу обследования и расчетным значением; ** – разница между значениями по итогу обследования и нормативными значениями.

В результате сопоставления полученных значений с учетом рекомендаций Т. И. Сафроновой, И. В. Соколовой [11] выявлено следующее:

- запас армирования элемента при обследовании конструкции составляет 6,76 %;

- прогиб элемента при обследовании конструкции составляет 57,9 % от установленного нормативного значения.

Выводы. При повышении расчетных нагрузок на 10 % максимальное значение площади поперечного сечения армирования составляет 38,45 см²/м, следовательно, требуемое армирование превышает фактическое на 1,14 %. Это свидетельствует о предельно допустимых значениях нагрузки, которые составляют: от двухосной тележки с осевой нагрузкой 273 кН; от равномерно распределенной нагрузки АК 9,66 кПа; от НК18 в виде четырехосной тележки 388,08 кН.

Примененный метод математического моделирования на основе оценки реальной ситуации гидротехнического сооружения позволяет не только владеть эксплуатационной ситуацией и предвидеть перспективу ее развития, но и повысить надежность мелиоративных ГТС, уменьшить риск возникновения на них аварийных ситуаций.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водоучета и производства эксплуатационных работ: монография. В 2 ч. / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 657 с.

2 Ольгаренко, В. И. Комплексная оценка технического уровня гидромелиоративных систем / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 8–11.

3 Ольгаренко, В. И. Экосистемные подходы к функционированию оросительных систем / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. Иг. Ольгаренко // В мире научных открытий. – 2017. – Т. 9, № 1. – С. 115–130.

4 Ecological and economic efficiency of diagnostics of technical condition of water supply facilities of irrigation systems / M. A. Bandurin, I. F. Yurchenko, V. A. Volosukhin, V. V. Vanzha, Ya. V. Volosukhin // J. Ecology and Industry of Russia. – 2018. – Vol. 22(7). – P. 66–71.

5 Numerical analysis of static strength for different damages of hydraulic structures when changing stressed and strained state / V. A. Volosukhin, M. A. Bandurin, V. V. Vanzha, A. V. Mikheev, Y. V. Volosukhin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1015. – P. 032146. – P. 1–6.

6 Bandurin, M. A. Remote Monitoring of Reliability for Water Conveyance Hydraulic Structures / M. A. Bandurin, I. F. Yurchenko, V. A. Volosukhin // Materials Science Forum. – 2018. – Vol. 931. – P. 209–213.

7 Дегтярев, Г. В. Особенности расчета плиты покрытия как несущего основания / Г. В. Дегтярев, Д. А. Дацьо // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 5(62). – С. 157–165.

8 Абдразаков, Ф. К. Факторы, влияющие на эксплуатационное состояние гидротехнических сооружений / Ф. К. Абдразаков, Т. А. Панкова, В. А. Щербаков // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 10. – С. 56–61.

9 Боровков, А. И. Программный комплекс конечно-элементного анализа FEA / А. И. Боровков // Аннотированный каталог учебных программных средств. – СПб.: СПбГТУ, 1995. – Вып. 3. – С. 100–102.

10 Бреббия, К. Методы граничных элементов / К. Бреббия, Ж. Телес, Л. Вроубел. – М.: Мир, 1987. – 348 с.

11 Сафронова, Т. И. Вероятностная модель процесса снижения цены намечаемого мероприятия / Т. И. Сафронова, И. В. Соколова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 132. – С. 324–334. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/107.pdf>.

References

1 Shchedrin V.N., Vasil'ev S.M., Slabunov V.V., 2013. *Osnovnye pravila i polozeniya ekspluatatsii meliorativnykh sistem i sooruzheniy, provedeniya vodoucheta i proizvodstva ekspluatatsionnykh rabot: monografiya* [Basic rules and regulations for the operation of land-reclamation systems and structures, water accounting and maintenance work: a monograph]. In 2 parts. Novocherkassk, Helikon Publ., 657 p. (In Russian).

2 Ol'garenko V.I., Ol'garenko G.V., Ol'garenko I.V., 2013. *Kompleksnaya otsenka tekhnicheskogo urovnya gidromeliorativnykh sistem* [Comprehensive assessment of the irrigation systems technical level]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 6, pp. 8-11. (In Russian).

3 Ol'garenko V.I., Ol'garenko I.V., Ol'garenko V.Ig., 2017. *Ekosistemnye podkhody k funktsionirovaniyu orositel'nykh sistem* [Ecosystem approaches to the irrigation systems operation]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the World of Scientific Discoveries], vol. 9, no. 1, pp. 115-130. (In Russian).

4 Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A., Vanzha V.V., Volosukhin Ya.V., 2018. Ecological and economic efficiency of diagnostics of technical condition of water supply facilities of irrigation systems. *J. Ecology and Industry of Russia*, vol. 22(7), pp. 66-71. (In English).

5 Volosukhin V.A., Bandurin M.A., Vanzha V.V., Mikheev A.V., Volosukhin Y.V., 2018. Numerical analysis of static strength for different damages of hydraulic structures when changing stressed and strained state. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1015, pp. 032146, pp. 1-6. (In English).

6 Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A., 2018. Remote Monitoring of Reliability for Water Conveyance Hydraulic Structures. *Materials Science Forum*, vol. 931, pp. 209-213. (In English).

7 Degtyarev G.V., Dats'o D.A., 2016. *Osobennosti rascheta plity pokrytiya kak nesushchego osnovaniya* [Features of calculating the covering plate as a supporting base]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceed. of Kuban State Agrarian University], no. 5(62), pp. 157-165. (In Russian).

8 Abdrazakov F.K., Pankova T.A., Shcherbakov V.A., 2016. *Faktory, vliyayushchie na ekspluatatsionnoe sostoyanie gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Factors affecting the operational state of hydraulic engineering structures]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 10, pp. 56-61. (In Russian).

9 Borovkov A.I., 1995. *Programmnyy kompleks konechno-elementnogo analiza FEA* [Software application of finite element analysis FEA]. *Annotirovannyi katalog uchebnykh programnykh sredstv* [Annotated Catalog of Educational Software]. Saint-Petersburg, SPbSTU, vol. 3, pp. 100-102. (In Russian).

10 Brebbia K., Teles J., Wroubel L., 1987. *Metody granichnykh elementov* [Methods of Boundary Elements]. Moscow, Mir Publ., 348 p. (In Russian).

11 Safronova T.I., Sokolova I.V., 2017. *Veroyatnostnaya model' protsessa snizheniya tseny namechaemogo meropriyatiya* [Probabilistic model of the process of price reduction for planned actions]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythemic online scientific journal of Kuban State Agrarian University], no. 132, pp. 324–334, available: <http://ej.kubag-ro.ru/2016/06/pdf/107.pdf>. (In Russian).

Дегтярев Георгий Владимирович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: заведующий кафедрой

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Адрес организации: ул. Калинина, 13, г. Краснодар, Российская Федерация, 350044

E-mail: cst2007@mail.ru

Degtyarev George Vladimirovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Head of Department

Affiliation: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

Affiliation address: st. Kalinina, 13, Krasnodar, Russian Federation, 350044

E-mail: cst2007@mail.ru

Сафронова Татьяна Ивановна

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: профессор

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Адрес организации: ул. Калинина, 13, г. Краснодар, Российская Федерация, 350044

E-mail: saf55555@yandex.ru

Safronova Tatyana Ivanovna

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Professor

Affiliation: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

Affiliation address: st. Kalinina, 13, Krasnodar, Russian Federation, 350044

E-mail: saf55555@yandex.ru

Гольдман Раиса Борисовна

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: старший преподаватель

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Адрес организации: ул. Калинина, 13, г. Краснодар, Российская Федерация, 350044

E-mail: raya_goldman@mail.ru

Gol'dman Raisa Borisovna

Degree: Candidate of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Senior Lecturer

Affiliation: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

Affiliation address: st. Kalinina, 13, Krasnodar, Russian Federation, 350044

E-mail: raya_goldman@mail.ru

Дегтярева Ольга Георгиевна

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: доцент

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Адрес организации: ул. Калинина, 13, г. Краснодар, Российская Федерация, 350044

E-mail: marxotgeo@mail.ru

Degtyareva Olga Georgievna

Degree: Candidate of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Associate Professor

Affiliation: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

Affiliation address: st. Kalinina, 13, Krasnodar, Russian Federation, 350044

E-mail: marxotgeo@mail.ru