

УДК 631.6

**РАСЧЕТ РИСКА МЕРОПРИЯТИЙ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
ОБЪЕКТОВ МЕЛИОРАТИВНОГО ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА**
**RISK ESTIMATION OF THE MEASURES FOR THE RECLAMATION FACILITIES
EFFICIENCY INCREASE OF THE WATER MANAGEMENT SYSTEM****И.Ф. Юрченко, доктор технических наук****I.F. Yurchenko***Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, Москва**All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after A. N. Kostyakov, Moscow*

Выполнен анализ теории и практики оценки действенности мелиоративных инвестиционных проектов (МИП). Представлены рекомендации совершенствования нормативно-методической базы обоснования целесообразности внедрения проектируемых мероприятий с учетом вероятности снижения планируемой эколого-экономической результативности. Приведен пример оценки рисков инвестирования в конкретный проект и правила его учета при расчетах действенности МИП методом имитационного моделирования (методом Монте Карло).

The analysis of the theory and practice on the efficiency estimation of the land reclamation investment projects (RIP) has been carried out. The recommendations on improving the normative and methodological base on the reasonability of the proposed measures application taking into account the likelihood the planned environmental and economic value reducing are given. An example of risks estimation at the particular project investment as well as the rules on RIP efficiency calculating by means of simulation (Monte Carlo) is shown.

Ключевые слова: *риск, инвестиции, проект, мелиорация, моделирование, метод Монте Карло.*

Key words: *risk, investment, project, land reclamation, simulation, Monte Carlo method.*

Введение. В настоящий период важнейшей задачей службы эксплуатации мелиоративного водохозяйственного комплекса становится организация надежной работоспособности гидротехнических сооружений (ГТС) на основе внедрения мероприятий ремонта и реконструкции, отвечающих современным требованиям трансформации и становления мелиоративного фонда. Это обусловлено высокой степенью изношенности ГТС, срок основного строительства которых приходится на 60-е годы прошлого столетия [2, 3, 15]. На первый план в системе мероприятий сохранения и воспроизводства мелиоративного фонда выходят инновационные технологии технической эксплуатации гидротехнических сооружений, обеспечивающие надежность и долговечность сооружений без вывода их из эксплуатации [5, 7, 9].

При планировании мероприятий ремонтных работ объектов и/или их реконструкции служба эксплуатации испытывает трудности с достоверностью оценки экологической и социально-экономической эффективности рассматриваемых технологических решений, методов, способов и материалов, часто имеющей решающее значение для выбора конкретного мероприятия [1, 6, 16]. Приходится отмечать недостаточную полноту и несовершенство теоретических подходов к расчетам действенности мелиоративных проектов имеющейся нормативно-методической базы, регулирующей методы, способы, процедуры и операции определения доходности планируемых мероприятий. В этой связи представляется правильным организовать масштабные работы по

формированию базы фактографических данных, характеризующих эффективность конкретных планируемых решений, полученных методами, наиболее распространенными в практике передовых секторов экономики страны и за рубежом, и максимально учитывающими отличительные особенности действенности мелиорации.

Систематизация, анализ и синтез такого материала, безусловно, повысит вероятность формирования обоснованных решений по применению практикующих нормативных документов и дальнейшему совершенствованию теории расчета действенности инвестиций в мелиоративные проекты (МИП).

Проведенные исследования установили потребность в приоритетном совершенствовании руководящего документа, регулирующего действенность сферы мелиорации (Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель, РД АПК 3.00.01.003-03), в части учета угрозы неполучения заявленной доходности, снижающего достоверность прогнозируемого результата и следующих из них выводов. В специальной экономической литературе представлено достаточно большое количество способов оценки достижения прогнозируемой эффективности проектов и управления рисками. Такая потребность в оценке риска действенности инвестиций в проектируемые мероприятия обусловлена не только высокими затратами на их реализацию, но и степенью изменчивости и неопределенности используемой в инвестиционных проектах информации. Практикующиеся способы оценки действенности проектируемых мероприятий базируются по большей мере на количественных (аналитических), качественных и вероятностных методах учета рисков [8, 10], и каждому присущи свои достоинства и недостатки, что не дает возможности однозначно выявить преимущество какого-то единственного подхода.

В публикации характеризуется способ учета вероятности недостижения заявленной проектной действенности методом имитационного моделирования или методом Монте – Карло, как он именуется в теории оценки рисков. Указанный метод – признанный лидер реализации в ведущих секторах российской и мировой экономики при расчете вероятности достижения прогнозируемой эффективности инвестиций в планируемые мероприятия [4]. Его сущность – в формировании модели, представленной случайными параметрами, позволяющей установить значимость входных данных для искомых результатов от них зависимых.

Моделирование действенности мероприятий проекта требует сведений об объемах внедрения, ценах, затратах и др. факторах, определяющих технико-экономический результат проектирования. Отличительная особенность имитационного моделирования (или метода Монте – Карло) заключается в возможности формирования произвольных сценариев для условий реализации проекта за счет генерации случайных значений всех факторов каждого конкретного сценария. При этом для моделирования используется не реальное значение фактора, а его статистическое распределение.

Основная проблема применения метода Монте-Карло – установление достоверного распределения и его параметров для каждого фактора моделирования, а также существенные затраты труда, технических ресурсов и времени на выполнение расчетов. Вместе с тем используемые гипотетические распределения вероятностей факторов модели, как правило, субъективны и, отвечая предпочтениям лица, принимающего решение, могут не соответствовать действительному распределению, достоверные данные о котором зачастую неизвестны или отсутствуют.

При выборе способа расчета рисков инвестиционных проектов немаловажную роль играет наличие удобного инструментария его реализации, отличающегося доступностью, информативностью при работе, прозрачностью, простотой и наглядностью

представления полученных результатов. В значительной мере становлению системы расчета вероятности не получения заявленной доходности методом имитационного моделирования (Монте – Карло) способствует появление коммерческого программного продукта Crystal Ball, разработанного и реализованного корпорацией Oracle в среде Excel, который максимально соответствует вышеуказанным требованиям [17].

Цель настоящего исследования – сравнительная оценка практикуемых приемов расчета действенности МИП, анализ возможности и целесообразности использования метода Монте – Карло для установления вероятности достижения заявленной действенности инвестиций в мелиоративные мероприятия и создание методических подходов к проведению указанных расчетов на примере конкретного проекта.

Материалы и методы. Объектом исследования является теория действенности инвестирования в проекты мелиоративных мероприятий, предметом – риски МИП в части достижения заявленных проектом результатов. Сравнительная оценка методов установления действенности МИП выполнялась по результатам расчетов, базирующихся на практикуемом (традиционном) методе и методе, учитывающем риски достижения проектных значений результата. При определении действенности МИП использованы данные реального проекта, обеспечивающего работоспособность и снижение фильтрации каналов оросительных систем мелиоративного водохозяйственного комплекса применением геотекстильных покрытий. Проект разработан и реализован специалистами ОАО «Институт безопасности гидротехнических сооружений» [11, 13].

Продление сроков эксплуатации водопроводящих ГТС оросительных систем указанного МИП обеспечивается предложенными и запатентованными авторами способом и устройством противофильтрационного двухслойного покрытия оросительных каналов из геотекстильного материала с бетонным наполнителем [11, 13].

Внедрение результатов исследования осуществлялось на водопроводящих сооружениях мелиоративных систем юга России. Важным достоинством, определяющим социально-экономическую целесообразность применения разработанного способа защиты сооружений, является возможность оперативной ликвидации нарушений элементов сооружения без прекращения его эксплуатации в случаях чрезвычайных и нештатных ситуаций, вызвавших отказ водопроводящих сооружений в период вегетации, и сократить возможные ущербы. К ним относится ущерб, обусловленный потерей урожая от недополива (из-за разрушения элемента водопроводящего сооружения); перерасходом воды (от протечек в местах разрушения до выявления повреждения и перекрытия канала); затратами, связанными с полной заменой элемента при его разрушении.

Традиционное определение экономической целесообразности внедрения проектируемых мероприятий осуществлялось согласно нормативному документу сферы мелиорации (Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель, РД АПК 3.00.01.003-03). Критерием экономической действенности предлагаемых мероприятий установлено положительное значение дисконтированного приростного чистого дохода (ДПЧД>0). ДПЧД определялся по накопленному за нормативный (30 летний) срок функционирования проектных мероприятий дисконтированному сальдо приростного чистого денежного потока. Последнее исчислялось с учетом имевшихся эффектов и издержек, понесенных до внедрения проектируемых новаций.

В качестве эффекта использовалась величина предотвращенного ущерба от применения противофильтрационных геотекстильных покрытий за счет сокращения производительных потерь оросительной воды, в качестве затрат – стоимость ремонта и эксплуатации сооружения. Норма дисконта принята по рекомендациям РД АПК 3.00.01.003-03. Ис-

ходная информация представлена данными эксплуатационной службы мелиоративного водохозяйственного комплекса юга России: о потерях оросительной воды до проведения ремонта и после его выполнения, фактографическими материалами об удельных издержках на подачу воды, ремонт и эксплуатацию ГТС (таблица 1).

Таблица 1 – Исходные данные для расчета эффективности противофильтрационного геотекстильного покрытия магистральных и межхозяйственных каналов* оросительных систем

Наименование	Ед. измерения	Значения	
			после ремонта
Сокращение потерь воды *	тыс. м ³ /км		103,7
Удельные затраты на водоподачу*	руб./ м ³	0,18	0,18
Предотвращённый ущерб от потерь воды	тыс. руб./ год		18,7
Затраты на ремонт	тыс. руб./км		50
Эксплуатационные затраты:	тыс. руб./км		1,0*
Срок службы защитного геотекстильного покрытия	лет		30
Норма дисконта	%		8

*Приняты по данным эксплуатационной службы мелиоративного водохозяйственного комплекса юга России

Дисконтированное сальдо приростного потока за расчетный период функционирования отремонтированного сооружения положительно и составляет 210,6 тыс. руб. Срок окупаемости совокупных капитальных вложений по приросту дисконтированного чистого дохода - порядка полутора лет (рисунок 1).

Риск инвестирования в проекты мелиорации рассчитывался по вероятности достижения планируемого ДПЧД при отклонении от прогнозируемых значений следующих факторов: предотвращенного ущерба, финансовых издержек и нормы дисконта. Эти факторы определены в качестве приоритетных при формировании дохода от реализации МИП [14, 16]. Расчеты реализованы в среде Excel коммерческим программным продуктом компьютерной технологии Crystal Ball



Рисунок 1 – Дисконтированное сальдо приростного денежного потока за период функционирования отремонтированного сооружения (ДПЧД)

Результаты и обсуждение. Оценка опасности инвестиций в проектируемые мероприятия противофильтрационной защиты водопроводящих сооружений оросительных систем выполнена в составе нижеследующих процедур и их последовательности:

- разработка аналитического выражения, характеризующего взаимосвязь искомого показателя доходности проекта и исходных данных, представленных факторами, влияющими на изменение результата;

- установление функции распределения для входных показателей модели;
- компьютерное моделирование, включающее генерирование случайных значений исходных факторов;
- формирование функции распределения модели и расчет параметров риска доходности проекта;
- анализ итоговых результатов.

На рисунке 2 приводится вид зависимости для вычисления доходности от внедрения комплекса противofильтрационной защиты, наименования изменяющихся показателей и их средние значения, используемые в расчетах.

Оценка риска доходности МИП противofильтрационной защиты водопроводящих сооружений оросительных систем			
ФАКТОРЫ	ЗНАЧЕНИЯ		
	Среднее	Минимум	Максимум
Дсокращение потерь воды, тыс.куб.м/км	92,5	70	115
Удельные затраты на водоподачу, руб./ м ³	0,16	0,12	0,2
Затраты на ремонт, тыс. руб./км	55	45	65
Эксплуатационные затраты, тыс. руб./км	1,1	0,9	1,3
Козэффициент дисконтирования	0,398	0,293	0,595
Норма дисконта, %	8	12	4
ДПЧД, тыс. руб./км	141,69		

Рисунок 2 – Пример размещения в среде Crystal Ball модели доходности от реализации комплекса противofильтрационной защиты магистральных и межхозяйственных каналов

Вероятность возможных значений входных факторов модели доходности характеризуется функциями нормального распределения, для описания которых достаточно знания двух параметров: среднего значения показателей и стандартного отклонения от среднего значения. Эти параметры функции распределения при заданных границах 90 %-ного доверительного интервала ее значений определяются выражениями (1) и (2).

$$\text{Среднее значение} = (\text{Верхняя граница 90\%-ного дов. интерв.} + \text{Нижняя граница 90\%-ного дов. интерв.}) / 2 \quad (1)$$

$$\text{Стандартн. отклонен. от среднего значения} = (\text{Верхняя граница 90\%-ного дов. интерв.} - \text{Нижняя граница 90\%-ного дов. интерв.}) / 3,29 \quad (2)$$

В таблице 2 приводятся значения параметров функций распределения для значимых факторов модели доходности от внедрения комплекса противofильтрационной защиты магистральных и межхозяйственных каналов.

Выбор условий моделирования выполняется системой Crystal Ball по умолчанию. Для повышения надежности моделирования число итераций увеличено до 30 000. Итоговый результат оценки представляется в графической форме (рисунок 3). Вероятность действенности инвестиционного проекта (ДПЧД>0) достигает 100 %, что говорит о низкой степени риска действенности МИП [13]. Однако вероятность заявленной доходности МИП в сумме 210,6 тыс. руб. и выше не боле 10 % (рисунок 4).

Таблица 2 – Параметры функций распределения для значимых факторов модели доходности от внедрения комплекса противодиффузионной защиты магистральных и межхозяйственных каналов

Фактор	Границы 90%-ного доверительного интервала	Среднее значение	Стандартное отклонение от среднего значения
Сокращение потерь воды (ПВ), тыс. м ³ /км	от 70 до 115	92,5	13,68
Удельные затраты на водоподачу (ЗВ), руб./ м ³	от 0,12 до 0,20	0,16	0,024
Затраты на ремонт (ЗР), тыс. руб./км	от 65 до 45	55	6,069
Эксплуатационные затраты (ЭЗ), тыс. руб./км	от 1,3 до 0,9	1,1	0,122
Коэффициент дисконта (Д), %	от 0,29 до 0,59	0,398	0,092
ДПЧД, тыс. руб./км	ДПЧД=(ПВ*ЗВ*– (ЗР+ ЭЗ*Т))* Д		

Вероятность достижения экономии затрат в интервале, превышающем среднюю величину 141,75 тыс. руб., но ниже 210,6 тыс. руб., характеризующая риск недополучения планируемой доходности, достигает 40,34 %, что определяет его высокий уровень [12].

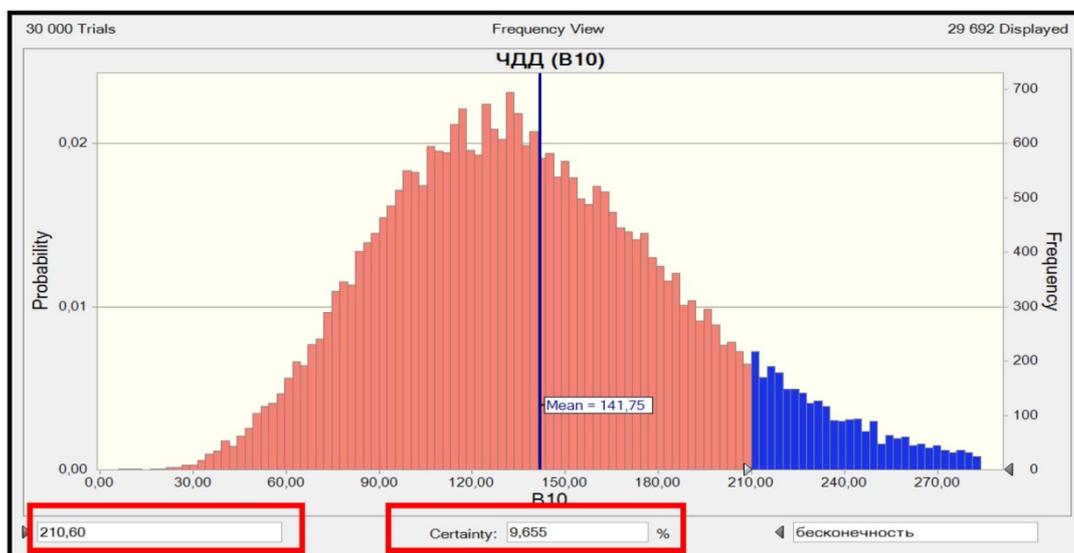


Рисунок 3 – Результаты моделирования: распределение доходности МИП противодиффузионной защиты водопроводящих сооружений оросительной системы

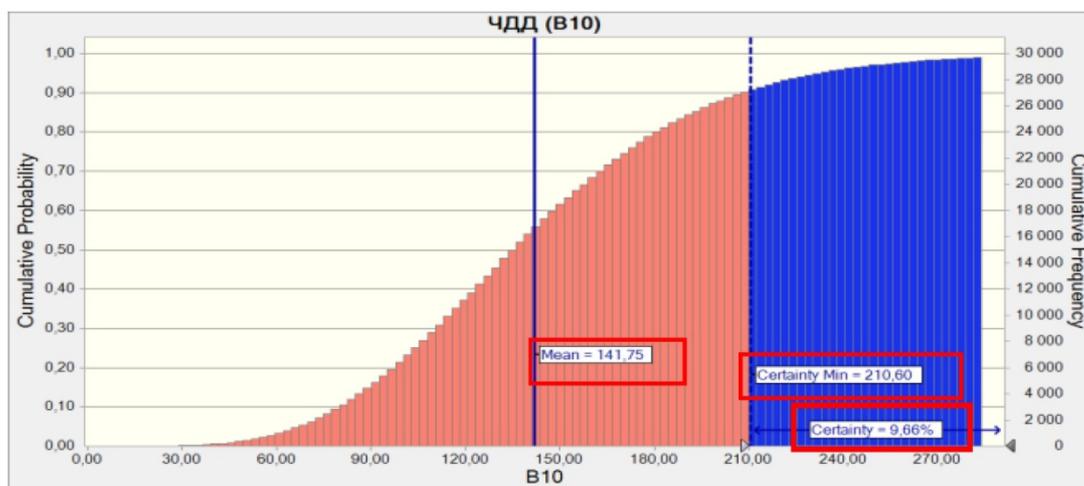


Рисунок 4 – Фрагмент отчета оценки рисков проекта противодиффузионной защиты

Это требует повышенного внимания службы эксплуатации к соблюдению регламентированных проектом правил реализации производственных процессов и технологий, а также и к рыночной конъюнктуре, определяющих изменчивость результата в первую очередь. Учет этих факторов необходим и для определения объемов внедрения предлагаемых технологических совершенствований.

Заключение. Выполненные исследования подтвердили необходимость трансформирования нормативно-правовой базы установления действенности мелиоративных мероприятий, гарантирующего повышение надежности прогнозируемой социально – эколого-экономической результативности предлагаемых мероприятий. Представленные в публикации расчет вероятности снижения заявленной доходности проектируемых мероприятий и описание процедур и алгоритмов решения технических и технологических задач реализации расчета методом имитационного моделирования (Монте –Карло), реализованного в среде программного продукта Crystal Ball, будут способствовать развитию действующей и становлению новой практики обоснования целесообразности внедрения проектируемых мероприятий. Высокое качество принимаемых стратегических решений – залог конкурентоспособности и жизнеспособности сферы мелиорации в условиях развивающихся в стране рыночных отношениях.

Библиографический список

1. Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений [Текст] / Г.Т. Балакай, И.Ф. Юрченко, Е.А. Лентяева, Г.Х. Ялалова. – Германия: LAP Lambert, 2016. – 85 с.
2. Волосухин, Я.В. Вопросы моделирования технического состояния водопроводящих каналов при проведении эксплуатационного мониторинга [Текст] / Я.В. Волосухин М.А., Бандурин // Наука и безопасность. – 2012. – № 1. – С. 70-74.
3. Волосухин, В. А. Программно-технический комплекс для проведения мониторинга и определения остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений [Текст] / В. А. Волосухин, М. А. Бандурин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2013. – №1. – С. 57-68.
4. Мукаев, Р.Х. Оценка рисков инвестиционных проектов разработки нефтяных месторождений методом имитационного моделирования (Монте-Карло) [Текст] / Р.Х. Мукаев // Тенденции и перспективы развития науки XXI века. – 2015. – №1. – С. 64.
5. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России [Текст] / Под редакцией Л. В. Кирейчевой. – М: «ФГБНУ ВНИИ агрохимии», 2017. – 296 с.
6. Никитин, И.Д. Учет фактора времени, неопределенности и рисков при расчетах эффективности в мелиорацию [Текст] / И. Д. Никитин, З. Н. Артемьева, Е. Е. Григорашенко // Агрофизика. – 2014. – № 2(14). – С. 28-35.
7. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами [Текст] / Под редакцией доктора технических наук, профессора Л.В. Кирейчевой. – М., 2010. – 240 с.
8. Олейник, Е. С. Совершенствование процесса управления рисками в ходе внедрения новейших информационных технологий [Текст] / Е. С. Олейник, Е. А. Коваленко, Д. А. Фадеева // Теория. Практика. Инновации. – 2018. – №.1. – С. 77-82.
9. Повышение ответственности сельхозтоваропроизводителей за воспроизводство почвенного плодородия мелиорируемых земель [Текст] / Г.Т. Балакай, И.Ф. Юрченко, Е.А. Лентяева, Г.Х. Ялалова//Агрохимический вестник. – 2015. – Том 2. №2. – С. 29-33.
10. Санникова, М. О. Теоретические основы процесса оценки рисков мелиоративных инвестиционных проектов [Текст] / М. О. Санникова, В. А. Ярославский // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2012. – № 5 (44). – С. 136-140.
11. Способ проведения эксплуатационного мониторинга технического состояния лотковых каналов оросительных систем [Текст]: пат. 2368730 Рос. Федерация: МПК Е 02 В 13/00/ Волосухин В. А., Бандурин М. А.; заявитель и патентообладатель Новочерк. гос. мелиор. акад. - № 2008100926/03, заявл. 09.01.08; опубл. 12.09.08, Бюл. № 28. – 7 с.

12. Турмачев, Е.С. Методические проблемы количественного определения рисков инвестиционных проектов [Текст] / Е. С. Турмачев // Анализ эффективности инвестиций. – 2006. – № 3. – С. 45-58.

13. Устройство для проведения эксплуатационного мониторинга водопроводящих сооружений [Текст] : пат. 2458204 Рос. Федерация: МПК Е 02 В 13/00/ В.А. Волосухин, М.А. Бандурин; заявитель и патентообладатель ИБГТС. № 2010111995; заявл. 29.03.10; опубл. 10.08.12. Бюл. № 30. – 8 с.

14. Юрченко, И. Ф. Эффективность организационно-правовых форм использования мелиорируемых земель [Текст]/ И.Ф. Юрченко, А. К. Носов // Вестник РАСХН. – 2012. – № 6.– С.10-12.

15. Юрченко, И. Ф. Планово-предупредительные мероприятия повышения надежности мелиоративных объектов [Текст]/ И. Ф. Юрченко // Природообустройство. – 2017. – №1. – С. 73-79.

16. Юрченко, И.Ф. Методологические основы создания информационной системы управления водопользованием на орошении [Текст] /И.Ф. Юрченко // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 1. – С. 13-17.

17. Oracle Crystal Ball, Getting Started Guide, Release 11.1.1.1.00. Copyright © 1988, 2008, Oracle.

References

1. Bezopasnost' besxozhajnyh gidrotehnicheskix sooruzhenij [Tekst] / G. T. Balakaj, I. F. Yurchenko, E. A. Lentyaeva, G. H. Yalalova. - Germaniya: LAP Lambert, 2016. - 85 p.

2. Volosuhin, Ya. V. Voprosy modelirovaniya tehničeskogo sostoyaniya vodoprovodyaschix kanalov pri provedenii jekspluatacionnogo monitoringa [Tekst] / Ya. V. Volosuhin M. A., Bandurin // Nauka i bezopasnost'. - 2012. - № 1. - P. 70-74.

3. Volosuhin, V. A. Programmno-tehničeskij kompleks dlya provedeniya monitoringa i opredeleniya ostatochnogo resursa dlitel'no jekspluatiruemyx vodoprovodyaschix soruzhenij [Tekst]/ V. A. Volosuhin, M. A. Bandurin // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehničeskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2013. - №1. - P. 57-68.

4. Mukaev, R. H. Ocenka riskov investicionnyx proektov razrabotki neftnyx mestorozhdenij metodom imitacionnogo modelirovaniya (Monte-Karlo) [Tekst]/ R. H. Mukaev //Tendencii i perspektivy razvitiya nauki XXI veka. - 2015. - №1. - P. 64.

5. Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii [Tekst] /Pod redakciej L. V. Kirejchevoj. - M: "FGBNU VNII agrohimii", 2017. - 296 p.

6. Nikitin, I. D. Uchet faktora vremeni, neopredelennosti i riskov pri raschetax jffektivnosti v melioraciju [Tekst]/ I. D. Nikitin, Z. N. Artem'eva, E. E. Grigorashenko // Agrofizika. - 2014. - № 2(14). -P. 28-35.

7. Novye tehnologii proektirovaniya, obosnovaniya stroitel'stva, jekspluatcii i upravleniya meliorativnymi sistemami [Tekst] / Pod redakciej doktora tehničeskix nauk, professora L. V. Kirejchevoj. - M., 2010. - 240 p.

8. Olejnik, E. S. Sovershenstvovanie processa upravleniya riskami v hode vnedreniya novejšix informacionnyx tehnologij [Tekst]/ E. S. Olejnik, E. A. Kovalenko, D. A. Fadeeva //Teoriya. Praktika. Innovacii. - 2018. - №.1. - P. 77-82.

9. Povyshenie otvetstvennosti sel'hoztovaroizvoditelej za vosproizvodstvo pochvennogo plodorodija melioriruemyx zemel' [Tekst] / G.T. Balakaj, I.F. Yurchenko, E.A. Lentyaeva, G. H. Yalalova//Agrohimičeskij vestnik. - 2015. - Tom 2. №2. - P. 29-33.

10. Sannikova, M. O. Teoreticheskie osnovy processa ocenki riskov meliorativnyx investicionnyx proektov [Tekst]/ M. O. Sannikova, V. A. Yaroslavskij // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social'no-jekonomičeskogo universiteta. - 2012. - № 5 (44). - P. 136-140.

11. Sposob provedeniya jekspluatacionnogo monitoringa tehničeskogo sostoyaniya lotkovyx kanalov orositel'nyx sistem [Tekst]: pat. 2368730 Ros. Federacija: MПК Е 02 В 13/00/ Volosuhin V. A., Bandurin M. A.; zayavitel' i patentoobladatel' Novočerk. gos. melior. akad. -№ 2008100926/03, zayavl. 09.01.08; opubl. 12.09.08, Byul. № 28. - 7 p.

12. Turmachev, E. S. Metodicheskie problemy kolichestvennogo opredeleniya riskov investicionnyh proektov [Tekst] / E. S. Turmachev // Analiz jeffektivnosti investicij. - 2006. - № 3. - P. 45-58.
13. Ustrojstvo dlya provedeniya jekspluatacionnogo monitoringa vodoprovodyaschih sooruzhenij [Tekst] : pat. 2458204 Ros. Federaciya: MPK E 02 B 13/00/ V. A. Volosuhin, M. A. Bandurin; zayavitel' i patentoobladatel' IBGTS. № 2010111995; zayavl. 29.03.10; opubl. 10.08.12. Byul. № 30. - 8 p.
14. Yurchenko, I. F. Jeffektivnost' organizacionno-pravovyh form ispol'zovaniya melioriruemyh zemel' [Tekst] / I. F. Yurchenko, A. K. Nosov // Vestnik RASXN. - 2012. - № 6. -- P. 10-12.
15. Yurchenko, I. F. Planovo-predupreditel'nye meropriyatiya povysheniya nadezhnosti meliorativnyh ob'ektov [Tekst] / I. F. Yurchenko // Prirodoobustrojstvo. - 2017. - №1. - P. 73-79.
16. Yurchenko, I. F. Metodologicheskie osnovy sozdaniya informacionnoj sistemy upravleniya vodopol'zovaniem na oroshenii [Tekst] / I. F. Yurchenko // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. - 2017. - № 1. - P. 13-17.
17. Oracle Crystal Ball, Getting Started Guide, Release 11.1.1.1.00. Copyright © 1988, 2008, Oracle.

E-mail: Irina.507@mail.ru

УДК 629.1.02

ФИЗИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОДОЛЬНОГО ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА НА ТВЁРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ

PHYSICAL METHOD OF ESTIMATION OF COEFFICIENT A SLIPPAGE OF AUTOMOBILE WHEEL ON A SOLID SURFACE

В.М. Зотов¹, кандидат технических наук, доцент

В.Н. Хавронина¹, кандидат технических наук, доцент

Е.В. Балакина², доктор технических наук профессор

Н.М. Зотов², кандидат технических наук, доцент

V.M. Zotov¹, V. N. Khavronina¹, E.V. Balakina², N.M. Zotov²

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Волгоградский государственный технический университет

¹Volgograd State Agrarian University

²Volgograd State Technical University

Эффективность процессов разгона и экстренного торможения колёсного транспортного средства (КТС) зависит от сцепления колеса с дорогой, количественной характеристикой которого является коэффициент продольного сцепления φ . В свою очередь, коэффициент продольного сцепления φ определяется, во-первых, деформациями опорной поверхности колеса и дороги и, во-вторых, типом покрытия дороги. Крутящий момент $M_{кр}$, действующий на колесо в процессе разгона КТС или тормозной момент $M_{тор}$ при его торможении, приводит к продольной деформации опорной поверхности колеса. В результате этой деформации в пятне контакта колеса с дорогой возникает дополнительная сила F_x , с которой опорная поверхность действует на колесо в продольном направлении, как будто колесо проскальзывает по поверхности дороги. Количественной характеристикой процесса такого скольжения колеса является коэффициент продольного проскальзывания S , величина которого, в свою очередь, зависит от соотношения угловой ω и линейной скорости V движения колеса. Математически зависимость $\varphi(S)$ представляется полуэмпирической функцией нелинейного вида с максимумом, при некотором значении коэффициента продольного проскальзывания S_m [6, 8]. Система дифференциальных уравнений, описывающая качение с проскальзыванием автомобильного колеса, решается численно с погрешностью порядка 10 % за время, превышающее длительность описываемого процесса [3, 4]. Для повышения эффективности расчёта скоростного режима движения КТС в ре-