

Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I



ИНФРАСТРУКТУРА ТРАНСПОРТА

№ 2 (2) – 2021



УЧРЕДИТЕЛЬ:

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Состав редколлегии

Главный редактор

Шварцфельд Вячеслав Семёнович, д-р техн. наук, проф.

Заместитель главного редактора

Бельтюков Владимир Петрович, д-р техн. наук, доц.

Ответственный секретарь

Булкаева Ольга Сергеевна, канд. техн. наук

Члены редакционной коллегии

Анисимов Владимир Александрович, д-р техн. наук, доц., г. ПГУПС, Санкт-Петербург

Афонин Дмитрий Андреевич, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Блажско Людмила Сергеевна, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Бушуев Николай Сергеевич, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Брынь Михаил Ярославович, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Быков Юрий Александрович, д-р техн. наук, проф., РУТ (МИИТ), г. Москва

Видюшенков Сергей Александрович, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Дудкин Евгений Павлович, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Киселев Игорь Павлович, д-р ист. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Коланьков Сергей Вячеславович, д-р экон. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Колос Алексей Федорович, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Ледяев Александр Павлович, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Подвербный Вячеслав Анатольевич, д-р техн. наук, доц., ИрГУПС, г. Иркутск

Романов Андрей Валерьевич, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Смирнов Владимир Игоревич, д-р техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Смирнов Владимир Николаевич, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Уздин Александр Моисеевич, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Фролов Юрий Степанович, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Чижев Сергей Владимирович, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Шкурников Сергей Васильевич, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Редактор перевода текста на английский язык

Булакаева Ольга Сергеевна, канд. техн. наук

Дизайн обложки: В.С. Шварцфельд

Сайт журнала: www.infrans.ru

Адрес редакции:

190031, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр. 9, кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог», ауд. 1-407

Телефон: +7 (812) 570-7688

e-mail: kaf.iip@mail.ru

FOUNDER

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

EDITORIAN BOARD

Editor-in-Chief

V.S. Shvartefeld, Doctor of Engineering Sciences, Professor

Deputy Editor

V.P. Beltukov, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor

Coordinating Editor

O.S. Bulakaeva, Candidate of Engineering Sciences

Editors

V.A. Anisimov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg – the chairman

D.A. Afonin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

L.S. Blazhko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

N.S. Bushuev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

M.J. Bryn, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

J.A. Bykov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Russian University of Transport (MIIT), Moscow

S.A. Vidyushenkov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

E.P. Dudkin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

I.P. Kiselev, Doctor of Historical Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

S.V. Kolankov, Doctor of Economics, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

A.F. Kolos, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

A.P. Ledyayev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

V.A. Podverbny, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Irkutsk State Transport University, Irkutsk

A.V. Romanov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

V.I. Smirnov, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

V.N. Smirnov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

A.M. Uzdin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

J.S. Frolov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

S.V. Chizhov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

S.V. Shkurnikov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

English Text Reviewer: O.S. Bulakaeva

Cover Designer: V.S. Shvartefeld

Web: <https://www.infrans>

Main contact details: 190031, Russia, St. Petersburg, Moskovsky ave. 9, Department of "Research and Design of Railways", room 1-407, Phone: +7 (812) 570-7688, e-mail: kaf.iip@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТРАНСПОРТА

Бушуев Н.С. Мухина К.П.	Влияние санкций США и Западной Европы на развитие транспортного комплекса России	5
Видюшенков С.А. Бушуев Н.С.	Основные разрешающие дифференциальные уравнения оболочек вращения с переменными жесткостными и грузовыми параметрами	10
Коланьков С.В. Каптелин Д.С.	Основы методологии оценки земельных участков	19
Коланьков С.В. Иванова К.И. Зубков А.Н.	Оценка устойчивости инвестиционных проектов	31
Меркушева В.С.	Эффективное использование земельных ресурсов полигона ТБО «Северная самарка» на заключительном этапе его жизненного цикла	41
Рыбкина А.М. Гузыгин Д.А. Энна А.Ю. Кузьмина Е.С.	Геоинформационный мониторинг безопасного землепользования в санитарных разрывах от железных дорог	45

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

Андреев А.В.	Определение возвышения наружного рельса. История вопроса	52
--------------	--	----

ИЗЫСКАНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Бушуев Н.С. Шкурников С.В. Булакаева О.С.	Изыскания и проектирование железных дорог – взгляд на развитие железнодорожного транспорта в будущем	59
Подвербный В.А. Холодов П.Н. Ковенькин Д.А. Филатов Е.В.	Методика расчета водопрпускной способности малых искусственных сооружений с использованием программы КРЕДО ГРИС _Т	66
Подвербный В.А. Холодов П.Н. Ковенькин Д.А. Филатов Е.В.	Расчет ливневого стока поверхностных вод на предпроектных этапах	79

CONTENTS

GENERAL TRANSPORT PROBLEMS

N.S. Bushuev K.P. Mukhina	The impact of USA and Western European sanctions on the development of Russia's transport complex	5
S.A. Vidyushenkov N.S. Bushuev	Basic resolving differential equations of rotation shells with variable stiffness and load parameters	10
S.V. Kolankov D.S. Kaptelin	Fundamentals of land valuation methodology	19
S.V. Kolankov K.I. Ivanova A.N. Zubkov	Assessment of sustainability of investment projects	31
V.S. Merkusheva	Efficient use of the land resources of the landfill "Severnaya Samarka" at the final stage of its life cycle	41
A.M. Rybkina D.A. Guzygin A.U. Enna E.S. Kuzmina	Geoinformation monitoring of safe land use in sanitary gaps from railways	45

RAILWAY TRACK

A. V. Andreyev	Determination of the height of the outer rail. Background of the issue	52
----------------	--	----

SURVEY, DESIGN AND CONSTRUCTION OF TRANSPORT FACILITIES

N.S. Bushuev S.V. Shkurnikov O.S. Bulakaeva	Railway surveys and design – a look at the development of railway transport in the future	59
V.A. Podverbnyy P. N. Kholodov D.A. Kovenkin E.V. Filatov	The method of calculating the culvert abilities of small artificial structures using the program CRE-DO GRIS_T	66
V.A. Podverbnyy P. N. Kholodov D.A. Kovenkin E.V. Filatov	Calculating surface water runoff at the pre-project stages	79

УДК 339.986

Бушуев Н.С., Мухина К.П.

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург

ВЛИЯНИЕ САНКЦИЙ США И ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ НА РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Начало 2022 года повергло многих в шок: спецоперация, не заканчивающаяся эпидемия коронавируса, информационное безумие и различные санкции. Все это оказало огромное влияние на нашу жизнь в целом. В статье рассмотрена проблема, касающаяся санкций, а именно как повлияли санкции США и западной Европы на развитие транспортного комплекса России. Предлагается рассмотреть несколько важных вопросов: какие санкции были наложены на Россию в транспортной индустрии; какое влияние это оказало на развитие экономики, в частности на бизнес; какие пути обхода санкций можно найти в данной ситуации; имеются ли положительные стороны в части вынужденного импортозамещения составляющих элементов инфраструктуры транспорта.

Ключевые слова: санкции, импортозамещение, инфраструктура транспорта.

N.S. Bushuev, K.P. Mukhina

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg

THE IMPACT OF USA AND WESTERN EUROPEAN SANCTIONS ON THE DEVELOPMENT OF RUSSIA'S TRANSPORT COMPLEX

The beginning of 2022 threw many into shock: a special operation, an ongoing epidemic of coronavirus, information madness and various sanctions. All this has had a huge impact on our lives in general. The article deals with the problem of sanctions, namely, how the sanctions of the United States and Western Europe affected the development of the transport complex of Russia. It is proposed to consider several important issues: what sanctions were imposed on Russia in the transport industry; what impact it had on the development of the economy, in particular on business; what ways to circumvent sanctions can be found in this situation; whether there are positive aspects in terms of forced import substitution of the components of the transport infrastructure.

Keywords: sanctions, import substitution, transport infrastructure.

Для начала нужно разобраться в самом понимании санкций. В последние несколько месяцев мы очень часто слышим это слово, но не все разбираются в том, что это означает. Санкции – это неблагоприятные последствия, которые могут наступить для нарушителя каких-либо установленных правил. Данное понятие употребляется в правовом аспекте [1]. Если вспоминать историю России, то не найдется периода, когда к нашей стране не применялись бы санкции

международного масштаба. Все санкции 2022 года конечно же направлены на ослабление экономического и политического положения Российской Федерации. Уже к 7 марта Россия стала мировым лидером по наложенным на неё санкциям.

Основное давление санкциями идет непосредственно от США и стран Западной Европы. Эти санкции в огромном масштабе затронули транспортный комплекс России: от легковых автомобилей, которыми пользуется почти все население до закрытия воздушного пространства над странами.

Поскольку все события происходят в настоящем времени и каждый день появляется всё больше и больше новых подробностей, в качестве информационных источников была возможность использовать только новостные интернет порталы.

Авиационный транспорт

С 28 февраля текущего года страны Евросоюза начали ограничивать воздушное пространство для России. Со 2 марта к ним присоединилась Америка. По состоянию на 2 марта воздушное пространство закрыли уже 36 стран: все государства Евросоюза, США и Канада. В качестве ответной меры Россия также ввела ответные санкции на закрытие неба. Полеты были возможны только по специальному разрешению, выданному Росавиацией или МИД России.

11 апреля «Еврокомиссия (ЕК) внесла 21 российскую авиакомпанию, в том числе, «Аэрофлот», «Россию», «Победу» и UTair, в свой черный список по авиационной безопасности» [2]. Компаниям, которые попали в черный список, запрещены полеты в аэропорты стран Евросоюза и над его территорией.

«Облететь стоит дорого» – именно такие заголовки в новостях можно встретить по запросу об авиаперелетах. Из-за закрытия воздушного пространства время перелета между странами возросло, следовательно, возросла и потребность в топливе. Так полет из Москвы в Стамбул теперь занимает не три часа, а семь. Также в новостном портале 360[3] писали, что англичане пытались долететь в Токио с заправкой через Аляску: путь занял 17 часов, вместо 9 обычных. Таких рейсов больше не выполнялось, затраты увеличились в 2 раза.

Возникает вопрос: только ли России стало хуже из-за закрытия воздушного пространства? В комиссии по гражданской авиации Общественного совета Ространснадзора уверены, что страны Евросоюза страдают больше. Так облететь, например, небольшую Польшу не затратит много времени, а вот совершить полет из Парижа в Токио без российского неба будет намного труднее.

После начала военного конфликта также возросли цены на авиационный керосин. Уже в марте экспортная цена за тонну авиатоплива возросла в два раза относительно февраля. По прогнозам вряд ли в ближайшее произойдет снижение себестоимости. Компании несут большие затраты, но из-за действующего компенсационного механизма, государство возвращает часть затрат. Например,

компания Аэрофлот сможет вернуть более 2/3 от затрат из-за скачка экспортной цены над внутрисоссийской ценой.

Несмотря на то, что российским компаниям запретили авиаперелёты, их роль выполняют иностранные перевозчики из тех стран, которые не вводили санкции против Российской Федерации.

Таким образом самолетом можно добраться не только до крупных иностранных аэропортов, но с пересадками и во множество других городов. В основном это перевозчики из Турции, Сербии, ОАЭ, Армении, Казахстана и Средней Азии.

«RedWings – единственный российский перевозчик, который продолжает выполнять международные рейсы на отечественных самолётах SSJ 100. Все лайнеры зарегистрированы в авиационном регистре РФ, принадлежат российским финансовым институтам и застрахованы российскими страховыми компаниями, заверяют в авиакомпаниях» [4].

Железнодорожный транспорт

Железнодорожный транспорт также испытал серьезные проблемы из-за санкций. Так крупнейший российский железнодорожный перевозчик ОАО «РЖД» по прогнозам снизит погрузки на сети в этом году до 7%.

Российским компаниям запрещено экспортировать за границу подвижной состав, который выпускается в РФ. Сейчас в простое находятся свыше 150 тыс. порожних железнодорожных вагонов. Это очень негативно влияет на эксплуатационную обстановку и затрудняет движение груженых вагонов.

Под большим ударом оказались логистические компании, деятельность которых была связана с украинскими партнерами. Так как санкции разрушили обычные логистические пути через Евросоюз, в ближайшее время импорт и экспорт будет направлен на Азию и Восток. Очень большой спрос на БАМ и на Транссиб. Любая магистраль, которая ведёт на Дальний Восток, сегодня особенно востребована [5].

15 апреля президент Российской Федерации В.В. Путин подписал Указ [6] о поддержке транспортного комплекса в период санкций за счет государства. Для железнодорожного транспорта это в первую очередь обеспечение рынка перевозок достаточным количеством контейнеров. В частности, стало возможным использовать иностранные контейнеры, временно ввезенные в Россию по железной дороге. До появления приведённого выше Указа их можно было использовать однократно для внутренних перевозок в пределах срока временного ввоза.

Автомобильный транспорт

Санкции, которые были введены по отношению к автомобильному транспорту, пожалуй, больше всего затронули российское население. С конца февра-

ля огромное количество иностранных компаний объявили о приостановке своей деятельности на территории Российской Федерации.

Цены на автомобильный транспорт сильно взлетели, почти все заводы по производству приостановили свою деятельность. На 15 апреля 2022 года в России продолжали свою работу всего четыре автозавода: УАЗ, Haval, «Мазда Соллерс» во Владивостоке и калининградский «Автотор», где ранее выпускались модели Kia и Hyundai. Все остальные предприятия временно приостановили свою деятельность или как «АвтоВАЗ», приняли решение о корпоративном отпуске [6].

В настоящее время российский рынок также испытывает серьезную проблему с автозапчастями. Цены на них серьезно возросли или же вообще невозможно найти оригинальные запчасти. С этой проблемой уже столкнулись многие владельцы личного транспорта. Страховые компании, к которым потребители обращаются по гарантии, сейчас в полной мере не могут осуществить ремонт. Стали практиковать даже ремонт с бывшими в употреблении запчастями. Однако такое решение не поддержали автодилеры и Центробанк.

Вместе с тем, есть и положительные стороны. Как считают автоэксперты, в случае импортозамещения комплектующих себестоимость автомобилей LADA, производимых российским автозаводом «АвтоВАЗ», уменьшится на 10%. Это позволит снизить цены на модельный ряд и повысить потребительский спрос. Если на рынок России не вернуться европейские и японские машины, в место них пользование перейдет на российские, китайские и корейские.

Подводя итог всем выше перечисленным аспектам, можно прийти к выводу, что санкции конечно сильно повлияли на весь транспортный комплекс России, но есть предположения, что всё это временно. Правительство стремится в полной мере поддержать транспортную отрасль и в значительной степени решить всё её трудности. Что касается воздушного пространства, то это «дорога с двусторонним движением», где ограничения негативно сказываются и на зарубежных компаниях, которые несут также значительный ущерб. Научный интерес вызывает развитие событий и их влияние на дальнейшие тенденции развития транспорта как в России, так и в странах, связанных с последствиями санкций США и Западной Европы.

Список литературы

1. Санкции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ktonanovenkogo.ru/voprosy-i-otvety/sankcii-chto-eh-to-takoe-vidy.html>.
2. Какие страны закрыли воздушное пространство для России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/society/457229-kakie-strany-zakryli-vozdushnoe-prostranstvo-dla-rossii>.
3. Небо России стало бесконечным. Полеты иностранцев после санкций — долгие и дорогие. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://360tv.ru/news/tekst/nebo-rossii/>.
4. Какие авиакомпании продолжают летать из России за границу: Список и маршруты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kp.ru/daily/27373/4555424/>.

5. Трутнев: в условиях санкций возник очень большой спрос на Транссиб БАМ.[Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://zabrab75.ru/news/politika/yurij-trutnev-gruzopotoki-razvorachivayutsya-na-vostok/>.

6. Подписан закон, направленный на обеспечение устойчивого функционирования транспортного комплекса и поддержку предпринимателей в условиях внешнего санкционного давления: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/news/68195>

7. Выпуск автомобилей в России продолжается только на четырех заводах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://avtonovostidnya.ru/avtoprom/275476?utm_source=uxnews&utm_medium=desktop.

Контактная информация:

Бушуев Николай Сергеевич – канд. тех. наук, проф.; 2009bushuev@rambler.ru

Мухина Ксения Павловна – студент; xenia.mukhinaa@gmail.com

Author's information:

Nikolay S. Bushuyev – PhD Eng. Sci., Professor; 2009bushuev@rambler.ru

Kseniya P. Mukhina – Student; xenia.mukhinaa@gmail.com

УДК 624.073

Видюшенков С.А., Бушуев Н.С.

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Санкт-Петербург

ОСНОВНЫЕ РАЗРЕШАЮЩИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМИ ЖЕСТКОСТНЫМИ И ГРУЗОВЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

В работе получены разрешающие дифференциальные уравнения для пологих оболочек вращения с переменными жесткостными параметрами и разрешающие дифференциальные уравнения для пологих оболочек вращения с постоянными жесткостными параметрами.

Ключевые слова: пологая оболочка вращения, дифференциальные уравнения, дифференциальные операторы, уравнения равновесия, уравнения совместности деформаций, переменные жесткостные параметры, постоянные жесткостные параметры.

S.A. Vidyushenkov, N.S. Bushuev

Emperor Alexander I St.Petersburg State Transport University, Saint Petersburg

BASIC RESOLVING DIFFERENTIAL EQUATIONS OF ROTATION SHELLS WITH VARIABLE STIFFNESS AND LOAD PARAMETERS

The paper obtains resolving differential equations for gently sloping rotation shells with variable stiffening parameters and resolving differential equations for gentle rotation shells with constant stiffness parameters.

Keywords: gently sloping shell of rotation, differential equations, differential operators, equilibrium equations, equations of jointity of deformations, variable stiffening parameters, constant stiffening parameters

Введение

Вопросы надёжности и безопасности строительных, машиностроительных объектов, объектов инфраструктуры транспортной отрасли связаны с определением напряженно-деформированного состояния элементов конструкций.

В практике довольно часто встречаются случаи, когда элемент конструкции, представляет собой оболочку, имеющую разрывные жесткостные и грузовые параметры. Задачи, связанные с исследованием напряженно-деформированного состояния объектов указанного вида, относятся к категории наиболее сложных и трудоемких задач строительной механики и теории упругости.

Это объясняется тем, что в зонах, охватывающих границы резкого изменения разрывных внешних нагрузок и жесткостных параметров исследуемой системы, могут возникнуть значительные градиенты в функциональных зависимо-

стях некоторых статических и кинематических параметров, определяющих напряжённо-деформированное состояние рассматриваемых конструкций [1-3].

По этой причине при решении задач указанного вида возникают определенные трудности при интегрировании исходных дифференциальных уравнений пластин и оболочек при использовании для этой цели аналитических методов. Также затрудняется аппроксимация искомым решением, определяющим напряжённо-деформированное состояние исследуемого объекта указанного типа, если для этой цели используются численные методы.

В статье получены разрешающие дифференциальные уравнения оболочек вращения с переменными жесткостными и грузовыми параметрами.

В большинстве случаев при действии внешних нагрузок, вызывающих изгиб тонкой оболочки, в ней также деформируется её срединная поверхность, т.е. дополнительно возникают деформации растяжения-сжатия и сдвига.

С этой точки зрения наиболее полно это свойство оболочек проявляется при рассмотрении пологих оболочек, поскольку для них, в отличие от оболочек с большой стрелой подъёма, деформации изгиба охватывают всю поверхность оболочки, тогда как в оболочках большого подъёма, деформации изгиба обычно возникают только в зонах действия локальных нагрузок или в зонах резкого изменения жёсткости и местах соединения оболочки с несущей конструкцией.

Таким образом, при составлении разрешающих дифференциальных уравнений для пологих оболочек вращения наряду с уравнениями равновесия необходимо также вводить в рассмотрение уравнения совместности деформаций, поскольку оба перечисленных типа уравнений при решении подобных задач оказываются связанными между собой.

Разрешающие дифференциальные уравнения для пологих оболочек вращения с переменными жесткостными параметрами.

Первое разрешающее дифференциальное уравнение может быть получено из системы дифференциальных уравнений равновесия оболочки и имеет такой вид [4, 5]:

$$L^{r\varphi}(W) - \nabla_k(F) = q, \quad (1)$$

где дифференциальный оператор

$$L^{r\varphi}(W) = L_1^{r\varphi}(W) + L_2^{r\varphi} \left(\frac{\partial D_\gamma}{\partial r}, \frac{\partial D_\gamma}{\partial \varphi}, W \right) + \\ + L_3^{r\varphi} \left(\frac{\partial^2 D_\gamma}{\partial r^2}, \frac{\partial^2 D_k}{\partial r \partial \varphi}, \frac{\partial^2 D_2}{\partial \varphi^2}, W \right) = q, \quad (\gamma = 1, 2, k).$$

Здесь

$$\begin{aligned}
L_1^{r\varphi}(W) &= D \left[\left(\frac{\partial^4 W}{\partial r^4} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial^4 W}{\partial r^2 \partial \varphi^2} + \frac{1}{r^4} \frac{\partial^4 W}{\partial \varphi^4} \right) + \right. \\
&\quad \left. + \frac{2}{r} \left(\frac{\partial^3 W}{\partial r^3} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^3 W}{\partial r \partial \varphi^2} \right) - \frac{1}{r^2} \left(\frac{\partial^2 W}{\partial r^2} - \frac{4}{r^4} \frac{\partial^2 W}{\partial \varphi^2} \right) + \frac{1}{r^3} \frac{\partial W}{\partial r} \right]; \\
L_2^{r\varphi}(W) &= 2 \frac{\partial D}{\partial \varphi} \left[\frac{1}{r^2} \frac{\partial^3 W}{\partial r \partial \varphi^2} + \frac{1}{r^4} \frac{\partial^3 W}{\partial \varphi^3} + \frac{\nu}{r^3} \frac{\partial^2 W}{\partial r \partial \varphi} + \frac{1+\nu}{r^4} \frac{\partial W}{\partial \varphi} \right] + \\
&\quad + 2 \frac{\partial D}{\partial r} \left(\frac{\partial^3 W}{\partial r^3} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^3 W}{\partial r \partial \varphi^2} + \frac{1+\nu/2}{r^2} \frac{\partial^2 W}{\partial r^2} - \frac{3}{2r^3} \frac{\partial^2 W}{\partial \varphi^2} - \frac{1}{2r^2} \frac{\partial W}{\partial r} \right);
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_3^{r\varphi}(W) &= \frac{\partial^2 D}{\partial r^2} \left[\frac{\partial^2 W}{\partial r^2} + \frac{\nu}{r} \frac{\partial^2 W}{\partial \varphi^2} + \frac{\nu}{r} \frac{\partial W}{\partial r} \right] + \\
&\quad + \frac{2(1-\nu)}{r^2} \frac{\partial^2 D}{\partial r \partial \varphi} \left[\frac{\partial^2 W}{\partial r \partial \varphi} - \frac{1}{r} \frac{\partial W}{\partial \varphi} \right] + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 D}{\partial \varphi^2} \left(\nu \frac{\partial^2 W}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 W}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial W}{\partial r} \right).
\end{aligned}$$

Дифференциальный оператор кривизны $\nabla_k(F)$ записывается в форме:

$$\nabla_k(F) = \frac{1}{R_2} \frac{\partial^2 F}{\partial r^2} + \frac{1}{R_1} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 F}{\partial r^2} \right), \quad (2)$$

где R_1^{-1} и R_2^{-1} – кривизны оболочки в радиальном и окружном направлениях.

В статье [6] показано, что второе разрешающее дифференциальное уравнение может быть получено из уравнения совместности деформаций, приведённого в монографии [7]:

$$L^{r\varphi}(F) + \nabla_k(W) = 0, \quad (3)$$

где дифференциальный оператор $\nabla_k(W)$ имеет вид (2) с заменой F на W , а дифференциальный оператор $L^{r\varphi}(F)$ отличается от $L^{r\varphi}(W)$ не только заменой W на F , но также изменением знаков перед коэффициентом Пуассона ν и заменой цилиндрической жесткости D на величину

$$\delta = \frac{1}{Eh}.$$

В статье [3] показано, что в дифференциальные операторы $L^{r\varphi}(W)$ и $L^{r\varphi}(F)$ наряду с жесткостными величинами D и δ входят также их первые и вторые производные, с помощью которых учитывается переменность жесткостных параметров оболочки.

С помощью системы дифференциальных уравнений (1) и (3) может быть исследовано напряжённо-деформированное состояние пологой изогнутой оболочки вращения произвольной формы с переменными жесткостными параметрами.

Однако, при необходимости без всякого труда, используя дифференциальный оператор $L^{r\varphi}(W)$, определяющий изгиб круглой ортотропной пластинки, можно построить систему разрешающих дифференциальных уравнений для пологой ортотропной оболочки вращения с переменными жесткостными параметрами.

Разрешающие дифференциальные уравнения для пологих оболочек вращения с постоянными жесткостными параметрами

Для построения разрешающего дифференциального уравнения пологих оболочек вращения произвольной формы постоянной жесткости воспользуемся системой дифференциальных уравнений теории тонких оболочек, построенных на основе упрощений, выполненных в работах Муштари-Донелла-Власова [8, 9].

Она имеет вид

$$\begin{cases} D\nabla^4 W = \nabla_k^2 F + q(\xi, \eta); \\ \frac{1}{Eh} \nabla^4 F = -\nabla_k^2 W, \end{cases} \quad (4)$$

где

$$\nabla^2(\dots) = \frac{1}{A_1 A_2} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{A_2}{A_1} \frac{\partial}{\partial \xi} (\dots) \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{A_1}{A_2} \frac{\partial}{\partial \eta} (\dots) \right) \right] - \text{оператор Лапласа};$$

$$\nabla^4(\dots) = \nabla^2[\nabla^2(\dots)];$$

$$\nabla_k^2(\dots) = \frac{1}{A_1 A_2} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{1}{R_2} \frac{A_2}{A_1} \frac{\partial}{\partial \xi} (\dots) \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{1}{R_1} \frac{A_1}{A_2} \frac{\partial}{\partial \eta} (\dots) \right) \right] - \text{оператор кривизны}.$$

визны.

Запишем параметры Ляме A_1 и A_2 в декартовых координатах:

$$\begin{cases} A_1^2 = \left(\frac{\partial x}{\partial \xi}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \xi}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial \xi}\right)^2; \\ A_2^2 = \left(\frac{\partial x}{\partial \eta}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \eta}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial \eta}\right)^2. \end{cases} \quad (5)$$

При переходе к цилиндрической системой координат при

$$\xi = r, \quad \eta = \varphi, \quad (6)$$

где r, φ – радиальная и угловая координаты, вместо (5) получим:

$$\begin{cases} A_1 = \left[1 + \left(\frac{\partial z}{\partial r}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}; \\ A_2 = r, \end{cases} \quad (7)$$

так как

$$\begin{cases} x = r \cos \varphi; \\ y = r \sin \varphi; \\ z = z. \end{cases} \quad (8)$$

Главные кривизны оболочки имеют вид:

$$\frac{1}{R_1} = \frac{\frac{\partial^2 z}{\partial r^2}}{\left[1 + \left(\frac{\partial z}{\partial r}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \frac{1}{R_2} = \frac{\frac{\partial z}{\partial r}}{r \left[1 + \left(\frac{\partial z}{\partial r}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}. \quad (9)$$

Так как $\left(\frac{\partial z}{\partial r}\right)^2 \ll 1$, то

$$A_1 = 1, \quad A_2 = r; \dots \quad (10)$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{\partial^2 z}{\partial r^2}, \quad \frac{1}{R_2} = \frac{1}{r} \frac{\partial z}{\partial r}, \quad (11)$$

где z – уравнение срединной поверхности оболочки.

Тогда, учитывая соотношения (10) и (11) для дифференциальных операторов, входящих в систему уравнений (4), будем иметь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla^2(\dots) = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}; \\ \nabla^4(\dots) = \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \right)^2; \\ \nabla_k^2(\dots) = \frac{1}{r} \frac{\partial z}{\partial r} \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 z}{\partial r^2} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 z}{\partial r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}. \end{array} \right. \quad (12)$$

Для оболочки, замкнутой в окружном направлении, все функции, определяющие её напряжённо-деформированное состояние, будут периодическими относительно окружной координаты φ . Поэтому

$$\left\{ \begin{array}{l} W = \sum_{m=0}^{\infty} [W_{(m)}(r) \cos m\varphi + W^{(m)}(r) \sin m\varphi]; \\ F = \sum_{m=0}^{\infty} [F_{(m)}(r) \cos m\varphi + F^{(m)}(r) \sin m\varphi]. \end{array} \right. \quad (13)$$

Вне зависимости, производится разложение функций W и F по косинусам или по синусам, дифференциальные операторы (12) примут вид:

$$\begin{cases} \nabla_m^2(\dots) = \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \frac{m^2}{r^2}; \\ \nabla_m^4(\dots) = \left(\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \frac{m^2}{r^2} \right)^2; \\ \nabla_k^2(\dots) = \frac{1}{r} \frac{dz}{dr} \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d^2 z}{dr^2} \frac{d}{dr} - \frac{m^2}{r^2} \frac{d^2 z}{dr^2}. \end{cases} \quad (14)$$

Тогда система дифференциальных уравнений сферической оболочки вращения запишется при опущенных индексах m в форме:

$$\begin{cases} D \nabla^4 W = \nabla_k^2 F + q(r); \\ \frac{1}{Eh} \nabla^4 F = -\nabla_k^2 W. \end{cases} \quad (15)$$

Совместное решение второго уравнения системы (15), умноженного на $\gamma^2 i = \frac{2\sqrt{3(1-\nu^2)}}{Eh^2} i$, и первого уравнения системы, позволяет получить

$$\nabla^4 Y_m + Eh\gamma^2 i \nabla_k^2 Y_m = \frac{q_m}{D} \quad (16)$$

где $Y_m = W_m + i\gamma^2 F_m$ – комплексная функция; $D = \frac{1}{Eh\gamma^4}$; $i = \sqrt{-1}$.

Если учесть, что

$$\begin{aligned} \nabla_k^2 Y_m &= \frac{1}{r} \frac{dz}{dr} \frac{d^2 Y_m}{dr^2} - \frac{d^2 z}{dr^2} \frac{d^2 Y_m}{dr^2} + \frac{d^2 z}{dr^2} \left(\frac{d^2 Y_m}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dY_m}{dr} - \frac{m^2}{r^2} Y_m \right) = \\ &= \frac{d^2 z}{dr^2} \nabla^2 Y_m - r \frac{d}{dr} \left(\frac{1}{r} \frac{dz}{dr} \right) \frac{d^2 Y_m}{dr^2}, \end{aligned}$$

то окончательно получим

$$\nabla^4 Y_m + Eh\gamma^2 i \left[\frac{d^2 z}{dr^2} \nabla^2 Y_m - r \frac{d}{dr} \left(\frac{1}{r} \frac{dz}{dr} \right) \frac{d^2 Y_m}{dr^2} \right] = \frac{q_m}{D}, \quad (17)$$

$(m = 0, 1, \dots)$.

Уравнение (17) есть разрешающее дифференциальное уравнение изотропной оболочки вращения произвольной формы.

Поскольку для полой сферической оболочки вращения со срединной поверхностью, описываемой уравнением

$$z = cr^2, (c = const), \quad r \frac{d}{dr} \left(\frac{1}{r} \frac{dz}{dr} \right) \frac{d^2 Y_m}{dr^2} = 0,$$

уравнение (17) запишем в виде:

$$\nabla^2 (\nabla^2 + Bi) Y_m = \frac{q_m}{D}, \quad (18)$$

где m – параметр, зависящий от типа деформации;

$$\nabla_m^2 Y_m = \frac{d^2 Y_m}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dY_m}{dr} - \frac{m^2}{r^2} Y_m = \frac{1}{r^{m+1}} \frac{d}{dr} r^{2m+1} \frac{d}{dr} \left(\frac{Y_m}{r^m} \right) - \text{дифференциальный оператор Лапласа в полярной системе координат; } Y_m = W_m + i\gamma^2 F_m - \text{искомая комплексная функция; } W_m \text{ и } F_m - \text{ функция прогиба оболочки и функция усилий в срединной поверхности;}$$

где R – радиус кривизны сферической оболочки.

$$B = \frac{2\sqrt{3(1-\nu^2)}}{Rh}; \quad \gamma^2 = \frac{2\sqrt{3(1-\nu^2)}}{Eh^2}; \quad D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)},$$

где R – радиус кривизны сферической оболочки.

Вводя безразмерную переменную

$$x = \frac{r}{k}, \quad (19)$$

где $k = B^{-1/2}$, вместо (18), получим дифференциальное уравнение относительно безразмерной переменной k

$$\nabla_m^2 (\nabla_m^2 + i) Y_m = k^4 \frac{q_m}{D}, \quad (20)$$

где

$$\nabla_m^2 = \frac{1}{x^{m+1}} \frac{d}{dx} x^{2m+1} \frac{d}{dx} \left(\frac{Y_m}{x^m} \right). \quad (21)$$

Дифференциальное уравнение (18), построенное относительно комплексной функции Y_m , удобно использовать при решении некоторых важных с практической точки зрения задач теории сферических оболочек с разрывными грузовыми параметрами. При этом введение разрывных нагрузок в правую часть дифференциального уравнения (18) не вызывает никаких затруднений.

Список литературы

1. Видюшенков С.А., Астафьев И.М. Исследование напряженно-деформированного состояния пластин с разрывными грузовыми параметрами. / Неделя науки– 2022 :Санкт-Петербург :ФГБОУ ВО ПГУПС, 2022. – С. 13-16. – 1 CD-ROM. – Систем. требования: Intel Pentium 1,6 GHz и более ; 256 Мб (RAM); Microsoft Windows XP и выше ; Firefox (3.0 и выше) или IE (7 и выше) или Opera (10.00 и выше), FlashPlayer, AdobeReader. – Загл. титул.экрана. –Текст: электронный.

2. Видюшенков С.А., Астафьев И.М. Исследование напряженно-деформированного состояния пластин с разрывными жесткостными параметрами / Неделя науки– 2022 :Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2022. – С. 16-19. – 1 CD-ROM. – Систем. требования: Intel Pentium 1,6 GHz и более ; 256 Мб (RAM); Microsoft Windows XP и выше; Firefox (3.0 и выше) или IE (7 и выше) или Opera (10.00 и выше), FlashPlayer, AdobeReader. – Загл. титул.экрана. – Текст: электронный.

3. Видюшенков С.А., Астафьев И.М. Разрешающее дифференциальное уравнение пологих изотропных оболочек вращения произвольной формы Неделя науки – 2022 :Санкт-Петербург :ФГБОУ ВО ПГУПС, 2022. – С. 20-23. – 1 CD-ROM. – Систем. требования: Intel Pentium 1,6 GHz и более; 256 Мб (RAM); Microsoft Windows XP и выше ; Firefox (3.0 и выше) или IE (7 и выше) или Opera (10.00 и выше), FlashPlayer, AdobeReader. – Загл. с титул.экрана. –Текст :электронный.

4. Соколов Е.В., Видюшенков С.А. Пластинки и оболочки вращения с разрывными грузовыми и жесткостными характеристиками. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 264 с.

5. Соколов Е.В., Видюшенков С.А. Аналитические методы решения задач теории пластин и оболочек вращения с применением разрывных функций. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 374 с.

6. Соколов Е.В., Королев В.М. Система разрешающих дифференциальных уравнений для оболочек вращения с переменными жесткостными характеристиками // Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ: межвуз. темат. сб. тр. / СПб.: СПбГАСУ, 2000. – Вып. 6. – С. 142-146.

7. Вольмир А.С. Устойчивость упругих систем. – М.: Физматгиз. – 1963. – 784 с.

8. Власов В. В. Общая теория оболочек и ее применение в технике. – М.: Гостехиздат – 1949. – 784 с.

9. Власов В. В. Избранные труды. Общая теория оболочек. – М.: Изд. АН СССР. – 1962. – т. I. – 528 с.

Контактная информация:

Видюшенков Сергей Александрович – кан. тех. наук, доц.; baklava@mail.ru

Бушуев Николай Сергеевич – кан. тех. наук, проф.; 2009bushuev@rambler.ru

Author's information:

Sergey V. Vidyushenkov – PhD Eng. Sci., Associate Professor; baklava@mail.ru

Nikolay S. Bushuev – PhD Eng. Sci., Professor; 2009bushuev@rambler.ru

УДК 347.214.2:656

Коланьков С.В., Каптелин Д.С.

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург

ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

Выполнен анализ принципов и методов оценки рыночной и иной стоимости земельных участков. Предложен ряд принципов оценки, используемых в технике расчетов. Приведен пример характеристики одного из принципов оценки. Рассмотрены теоретические основы понятия «стоимость». Уточнена методика оценки ряда ценообразующих показателей. Указаны источники информации для оценки сметной стоимости строительства улучшений земельного участка и оценки продолжительности расчетного периода для расчета резерва на замещение.

Ключевые слова: Недвижимость, земельный участок, стоимость, рыночная стоимость, принципы оценки, подходы и методы оценки, чистый операционный доход, сметная стоимость строительства.

S.V. Kolankov, D.S. Kaptelin

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university, Saint Petersburg

FUNDAMENTALS OF LAND VALUATION METHODOLOGY

The analysis of the principles and methods of evaluating the market and other value of land plots are considered. A number of valuation principles used in valuation technique are proposed; the example of the characteristic of one of the valuation principles is given. Theoretical basis of the notion of "cost" is considered. Methodology of evaluation of a number of pricing indicators has been clarified. Specified sources of information for estimating the estimated cost of building improvements to the land plot and the assessment of the duration of the calculation period to calculate the replacement reserve.

Keywords: Real estate, land plot, cost, market value, assessment principles, approaches and methods of assessment, net operating income, construction cost.

В настоящее время в российском законодательстве сохраняется разделение недвижимости на две составляющие – земельные участки и строения. Это происходит при регистрации недвижимости и прав на нее, налогообложении, бухгалтерском учете. В качестве самостоятельного объекта оценочной деятельности земельный участок рассматривается в случае:

1. Оценки рыночной стоимости или права аренды незастроенного участка [1, 3, 5, 12, 13], или при применении затратного подхода к оценке комплексного объекта недвижимости [7];

2. Определения величины потребительской стоимости, как цены выкупа земельного участка или недвижимости в целом в соответствии со ст. 281 ГК и ст. 56.8 Земельного кодекса РФ [2];

3. В качестве инструмента оспаривания результатов оценки кадастровой стоимости земельных участков [6] в случае, если собственник не согласен с ее результатами;

4. При оценке бизнеса (действующих предприятий) [8] или эффективности инвестиционных проектов (еще не действующих предприятий) [14];

5. При анализе финансовых аспектов сделок – механизма финансирования недвижимости, оценки эффективности привлечения заемного капитала, включая различные ипотечные схемы инвестирования в недвижимость [9];

6. При оценке ликвидационной [10] или инвестиционной стоимости [11].

В разделе II Методических рекомендаций [12] и в распоряжении Минимущества [13] приведены условия (ценообразующие факторы) возникновения рыночной стоимости и указаны следующие принципы, в которых они проявляются: полезности, спроса и предложения, замещения, ожидания, изменения, внешнего влияния, наиболее эффективного использования.

Однако ряд названных в [12] ценообразующих факторов (изменения целевого назначения участка, его разрешенного использования, прав иных лиц, разделения имущественных прав на земельный участок) не получили отражения в составе принципов. По нашему мнению первые два фактора проявляются в принципе, который можно назвать целевым назначением земли; два последних – в принципе, который предлагается именовать принципом учета различия в правах собственника и пользователей земельных участков.

Кроме того, обращает внимание, что среди перечисленных в Методических рекомендациях [12] принципов не указан принцип предельной продуктивности, определяющий точку оптимального объема инвестиций ($И_{нв, опт}$) в конкретный земельный участок (рис. 1).



Рис. 1. Графическая интерпретация принципа предельной продуктивности

В разделе II ФСО № 3 [5] указан ряд принципов, которым должен отвечать отчет об оценке рыночной стоимости недвижимого имущества и которые характеризуют не столько процесс расчетов, сколько процедуру, процесс оценочной деятельности.

Ряд принципов оценки сформулирован в Постановлении Правительства РФ [15]: принцип экономической обоснованности, предсказуемости расчета, предельно допустимой простоты расчета, недопущения ухудшения экономического состояния землепользователей и землевладельцев при переоформлении ими прав на земельные участки, запрета необоснованных предпочтений, учета наличия предусмотренных законодательством Российской Федерации ограничений права на приобретение в собственность земельного участка. Указанные в Постановлении Правительства РФ [15] принципы сопровождаются рядом численных нормативов и связаны с техникой счета. При этом, по нашему мнению, принципы, характеризующие технику расчетов, следует дополнить рядом других принципов, что позволит улучшить стандартизацию оценочной деятельности, повысить качество оценки и защитить права потребителей услуг оценщиков.

Одним из авторов настоящей статьи в работе [14] предложены следующие принципы, определяющие технику расчетов: остаточной стоимости земли, косвенности, множественности видов оцениваемой стоимости, жизненного цикла, множественности подходов (эклектичности), независимости, которые фактически используются в практике расчетов. Дополнительно к данным принципам, необходимо следовать принципам, указанным в Методических рекомендациях [15], в частности, моделирования денежного потока (здесь – порождаемого объектом оценки) и учета влияния неопределенности и риска.

Следует уточнить, каким образом названные принципы проявляются в оценочной деятельности в отношении объектов недвижимости.

В рамках настоящей статьи рассмотрим один из принципов, используемых в технике расчетов – принцип косвенности, имеющий существенное значение при определении величины рыночной стоимости земельных участков, занятых объектами железнодорожной инфраструктуры. Принцип косвенности отражает факт того, что специализированная (инфраструктурная) недвижимость железнодорожного транспорта порождает дополнительный рентный доход у граничащих участков.

Использование принципа косвенности позволяет учесть сервисный характер инфраструктурной недвижимости железнодорожного транспорта. Другими словами, ценность объектов данного типа определяется величиной дополнительного эффекта (дохода), получаемого клиентами. Это проявляется в увеличении арендных ставок и (или) рыночной стоимости объектов смежных землепользователей или самой железной дороги.

Здесь можно уточнить, что принцип косвенности необходимо применять одновременно с известным принципом оценочной деятельности – изменяю-

щихся пропорций [18]. Совместное использование этих двух принципов определяет, что величина дополнительного рентного эффекта, порождаемого железнодорожными объектами, определяется не сметной стоимостью недвижимости, а увеличением арендных ставок и цен на рынке.

Вместе с тем следует учитывать, что железнодорожный транспорт не всегда оказывает положительное влияние на рынок недвижимости. Наличие инфраструктурных объектов может ухудшить транспортную доступность примыкающих объектов, экологическую ситуацию, повысить физический износ примыкающих сооружений, например, из-за повышения обводненности смежных земельных участков.

Следует уточнить различия понятий, использованных нами для учета в оценочной деятельности рентных характеристик земельных участков – эффект и доход. Рентный эффект земельного массива или отдельного участка создается действиями природы или общества в целом. Это эффект субъективен и определяется теми представлениями людей, которые на дату оценки господствуют у потребителей относительно требуемых показателей качества земельного участка, приобретаемого для использования в тех или иных целях. Однако рентный эффект можно извлечь в виде рентного дохода только в результате предпринимательской деятельности на конкретном земельном участке. Другими словами, рентный эффект может быть преобразован в рентный доход исключительно в результате приложения труда к конкретному земельному участку. Данное положение соответствует трудовой теории стоимости.

Можно отметить, что величина рентного дохода может быть больше, меньше или равна рентному эффекту конкретного земельного участка. Равенство этих двух эффектов произойдет при выполнении следующих ценообразующих факторов:

1. Наиболее эффективного использования оцениваемой недвижимости;
2. Типичной для рынка эффективности менеджмента;
3. Уровня конкуренции на рынке, близкой к совершенной.

Выполнение в хозяйственной практике всех названных условий не представляется возможным, поэтому скорее всего рентный доход будет отличаться от величины рентного эффекта. По нашему мнению, наиболее типичным является завышение оценки величины рентного дохода по сравнению с рентным эффектом в периоды подъема экономики региона (страны) и его занижение в периоды экономического спада.

В нормативных правовых документах целесообразно уточнить, что термин «стоимость» может использоваться в двух значениях: как экономическая категория и как оценочный показатель (рис. 2).



Рис. 2. Применение понятия «стоимость»

Различная трактовка термина «стоимость», как экономической категории, оформилась в отдельных научных теориях. Первыми об этом писали в классической экономической теории (Аристотель [17, Никомахова этика, книга V и Евдемова этика, книга IV]), Адам Смит, Давид Рикардо, Карл Маркс), которые обосновали теорию трудовой стоимости, выдвинув первоначальное предположение, что стоимость создается трудом. При этом К. Маркс исходил из принципа монизма, считая, что труд является единственным основанием возникновения стоимости. В других научных школах выдвигались тезисы, что в стоимость создается издержками производства, определяется полезностью или предельной полезностью вещи, равновесной ценой, получаемой при равенстве спроса и предложения. Кроме того, высказывалось мнение, в соответствии с которым утверждалось, что стоимость любой вещи ей не присуща вообще [18] и появляется только при возникновении её полезности и дефицитности.

Мы считаем, что, наиболее точной, достоверной в объяснении природы стоимости является трудовая теория. Вместе с тем, по крайней мере, в отношении недвижимости, принцип монизма ошибочен, в связи с тем, что стоимость данного актива изначально создается действием природы и постепенно увеличивается с увеличением количества труда как общества в целом в отношении какой-либо территории, так и конкретного инвестора в отношении отдельного земельного участка.

Первоначальное воздействие природы, оцениваемое людьми, создает рентный эффект I типа. Приложение общественного труда и труда отдельных физических и юридических лиц вызывает появление рентного эффекта II типа. Таким образом, понятие стоимости внутренне присуще недвижимости из-за существования рентных эффектов 1-го и 2-го типов. Высказываемое различными авторами, например [18], утверждение, что для появления стоимости данный тип объектов должен обладать еще и дефицитностью, по нашему мнению, ошибочно. Здесь происходит смешение двух понятий – стоимость и цена, о чем говорится в работе [19]. В результате проявления дефицитности актива происходит изменение не стоимости, а цены.

С увеличением накопленного объема как физического, так и интеллектуального труда стоимость недвижимости возрастает, а неравномерное распределение труда между отдельными государствами, а также территориями внутри ка-

ждой страны объективно приводит к появлению различий в стоимости объектов недвижимости и, соответственно, их цен на рынке.

Денежное выражение созданного рентного эффекта следует называть рентным доходом и для его извлечения требуется приложение к конкретному объекту труда, в том числе предпринимательского. Причем наиболее эффективным будет извлечение того рентного дохода, который соответствует оптимальному количеству труда, что объясняется проявлением принципа предельной производительности. Дополнительный труд не приведет к увеличению рентного дохода и должен считаться излишним.

Понятие стоимости как оценочного показателя должно всегда применяться с определением, указывающим тот вид стоимости, который следует рассчитывать: балансовая, сметная, рыночная или иная стоимость, что необходимо из-за различий в методике расчетов. Например, если в п. 5 ФСО № 2 установлены 4 вида стоимости, являющихся предметом оценочной деятельности – рыночная, инвестиционная, ликвидационная и кадастровая стоимость, то в работе [19] приведены 58 видов стоимостей.

Отмеченные выше принципы используются в различных методах оценки рыночной или иной стоимости земельных участков.

В разделе IV Методических рекомендаций [12] отмечено, что для оценки рыночной стоимости земельного участка применяются все три известных подхода: сравнительный, доходный и затратный. На сравнительном подходе основаны метод сравнения продаж, метод выделения, метод распределения. На доходном подходе основаны метод капитализации земельной ренты, метод остатка, метод предполагаемого использования. Элементы затратного подхода в части расчета стоимости воспроизводства или замещения улучшений земельного участка используются в методе остатка и методе выделения. Следует дополнить указанный раздел Методических рекомендаций [12], указав, что расчет стоимости воспроизводства или замещения улучшений необходим также при использовании метода предполагаемого использования. Можно уточнить, что речь здесь идет о сметной стоимости строительства, которая рассчитывается исходя из объема имеющейся информации либо в виде стоимости воспроизводства (восстановления) или замещения. Однако мы считаем, что данное положение Методических рекомендаций [12] сформулировано не точно, т.к. в теории оценки затраты на строительство оцениваются в виде затрат инвестора ($C_{зи}$), которые кроме сметной стоимости ($C_{см}$) включают косвенные затраты инвестора (КИ):

$$C_{зи} = C_{см} + КИ, \quad (1)$$

Кроме того, область применения затратного подхода, указанную в Методических рекомендациях [12], следует расширить. Учитывая опыт оценочной деятельности целесообразно отметить, что сметное ценообразование применяется

при определении величины резерва на замещение быстроизнашивающихся элементов имеющихся улучшений, что необходимо при оценке значения чистого операционного дохода от земельного участка. Здесь необходимо будет определять сметную стоимость капитального ремонта улучшений земельного участка. Для незастроенного участка это могут быть ограждение, опоры и сети освещения, система дренажа или видеонаблюдения. Принимая во внимание принцип учета фактора времени можно предложить использовать два способа расчета резерва на замещение: с учетом необходимости получения дохода на инвестированный капитал (2) и без учета этой необходимости (3):

$$P_{зам} = [CM_{зам} - (M_{воз} - Z_{утил})] \cdot K\phi_3, \quad (2)$$

$$P_{зам} = \frac{CM_{зам} - (M_{воз} - Z_{утил})}{T_{расч}} \quad (3)$$

- где $CM_{зам}$ – сметная стоимость замены (капитального ремонта) быстро изнашивающихся элементов улучшений земельного участка, руб.;
- $M_{воз}$ – возвратные суммы от продажи материалов, полученных от разборки быстроизнашивающихся элементов улучшений земельного участка (без НДС), руб.;
- $K\phi_3$ – коэффициент резерва на замещение (значение третьей функции сложных процентов), доли единицы;
- $Z_{утил}$ – расходы по продаже материалов, полученных от разборки быстроизнашивающихся элементов улучшений земельного участка (с НДС), руб.;
- $T_{расч}$ – продолжительность расчетного периода, в течение которого планируется произвести замену быстроизнашивающихся элементов улучшений земельного участка, годы.

Поскольку при оценке величины $K\phi_3$ используется норма дисконта E , это означает, что расчеты ведутся в предположении получения дохода на инвестированный капитал.

При расчете величины резерва на замещение необходимо обратить внимание на определение продолжительности срока остаточной службы быстроизнашивающихся элементов улучшений земельного участка. При этом остаточный срок службы может быть различным для отдельных быстроизнашивающихся элементов улучшений, что требует отражения в методике расчета величины резерва на замещение.

Известно, что расчетным сроком службы называется установленный в строительных нормах или в задании на проектирование период использования строительного объекта по назначению до капитального ремонта и (или) реконструкции с предусмотренным техническим обслуживанием (ст. 2.1.12 ГОСТ 27751-2014). Расчетный срок службы отсчитывается от начала эксплуатации

объекта или возобновления его эксплуатации после капитального ремонта или реконструкции.

Расчетные сроки службы элементов и систем зданий (сооружений) определяются по СП 255.1325800.2016 [23, п. 5.8] и могут отличаться от приведенных в таблице 5.1 и должны быть определены генпроектировщиком по согласованию с заказчиком (п. 4.3 ГОСТ 27751-2014). Периодичность капитального ремонта (замены) отдельных строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения следует предусматривать в соответствии с расчетными сроками службы, если иное не обосновано результатами обследований технического состояния конструкций, оснований, систем инженерно-технического обеспечения зданий (сооружений).

К быстроизнашивающимся элементам улучшений земельного участка можно отнести ограждения, подъезды, в том числе железнодорожные и подходы к земельному участку, систему шумозащиты, дренаж, наружные инженерные сети, включая водозаборы, гидротехнические сооружения, включая канавы и водяные скважины, очистные сооружения и колодцы, канализационные камеры гашения и камеры теплоснабжения, сооружения грузоподъемных устройств, рекламные конструкции, установленные собственником земельного участка, подпорные стенки. Примерная периодичность капитального ремонта сооружений производственного назначения приведена в прил. 7 МДС 13-14.2000 [24]. Исходя из этого расчетный срок при оценке величины резерва на замещение можно определить как:

$$T_{\text{зам}}^{\text{расч}} = T_{\text{сл}}^{\text{расч}} - t_{\text{посл.кап}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{сл}}^{\text{расч}}$ – величина расчетного срока службы элемента и системы обустройства земельного участка в соответствии с МДС 13-14.2000 или эксплуатационным паспортом объекта оценки, годы;
 $t_{\text{посл.кап}}$ – дата последнего капитального ремонта элемента и системы обустройства земельного участка.

Принцип учета НДС применяется следующий: доходные показатели учитываются без НДС, затратные – с НДС.

Необходимо устранить несоответствие в наименованиях методов оценки рыночной и иной стоимости недвижимого имущества и прав на него, приведенных в ФСО № 7 [7] и в Методических рекомендациях [12].

Также можно уточнить, что методы относительного сравнительного анализа и количественных корректировок являются модификациями метода сравнения продаж, метод экспертных оценок используется практически всегда и не только в других методах оценки рыночной стоимости недвижимости, но и при определении величины отдельных ценообразующих факторов. В основу метода капитализации земельной ренты положена логика прямой капитализации. Излишним представляется использование в [12] названия «Метод предполагаемого

использования», т.к. в ФСО [7] данный способ расчета называется методом дисконтирования денежного потока. Различные способы расчета величины коэффициента капитализации, именуемые расчетными моделями, по существу, не являются самостоятельным методом оценки рыночной и иной стоимости недвижимости, а являются расширением области применения метода прямой капитализации (далее – ПК). Кроме того, ни в ФСО № 7 [7], ни в Методических рекомендациях [12] не указан метод ипотечно-инвестиционного анализа (далее – метод ИИА), применяемый в двух модификациях, отражающих логику прямой капитализации и дисконтирования денежного потока.

Кроме того, в ФСО № 7 не приводятся названия методов оценки затратного подхода, что противоречит положению п. III ФСО № 1, где установлено, что подходом называется совокупность методов оценки какого-либо вида стоимости.

Можно отметить, что после отмены Постановления [25], в котором были названы виды укрупненных сметных нормативов и показатели сметной стоимости строительства и введения в действие приказа Минстроя [22] в нормативно-методической сметной документации не осталось официального перечня этих показателей. Поэтому считаем целесообразным в оценочной деятельности продолжать ориентироваться на п. 2.4 МДС 81-35.2004, имея в виду, что в настоящее время выпускаются также приказы Минстроя России об утверждении укрупненных нормативов цены строительства (НЦС), которых в 2021 был выпущен 21 сборник, имеющих отраслевую направленность, в том числе сборник № 7 «Железные дороги». В качестве требующегося развития нормативно-методических документов по оценочной деятельности необходимо определить особенности применения различных видов укрупненных показателей сметной стоимости строительства, включая источник информации и подсчета объемов работ (строений), их индексации в текущий на дату оценки уровень цен и учета НДС. Также на наш взгляд целесообразно различать понятия «сметная стоимость строительства» и «сметная стоимость недвижимости» в связи с тем, что не все элементы сметной стоимости строительства будут являться неотъемлемой частью недвижимости.

В связи с указанием в Методических рекомендациях [12] на возможность применения ресурсного и ресурсно-индексного методов оценки сметной стоимости строительства в условиях значительного числа скрытых работ на объектах оценки, а также информации об объемах потребных ресурсов на остальные виды работ необходимо разработать методические рекомендации по применению этих методов оценки величины сметной стоимости строительства.

По нашему мнению ресурсный и ресурсно-индексный методы оценки сметной стоимости строительства в оценке земельных участков возможно применить для технически несложных строений и сооружений, когда оценщик, используя достаточно скудную информацию, содержащуюся с технических паспортов и собственные знания или знания экспертов, может самостоятельно оп-

ределить объемы основных ресурсов, потребных для сооружения имеющихся улучшений земельного участка.

При рассмотрении нормативного обеспечения сравнительного подхода в оценочной деятельности обращает на себя внимание отсутствие в ФСО № 7 [7] и распоряжениях Минимущества РФ [12, 13] классификации корректировок, что было сделано в п. 5.3.5 отмененного в настоящее время распоряжении губернатора Санкт-Петербурга [20]. При этом, в ФСО № 7 перечень корректировок приведен в такой же последовательности, что и распоряжении [20]. В дополнение к требованиям, содержащимся в ФСО № 7 [7] и распоряжениях Минимущества РФ [12, 13], можно рекомендовать учитывать положения приказа Федеральной антимонопольной службы [21].

В сравнительном подходе необходимо учитывать, что отличия объекта оценки от объектов-аналогов могут действовать различные периоды времени – ограниченное время, например, при выполнении строительных или ремонтно-строительных работ в ближайшем окружении указанных объектов или быть постоянными, т.е. действовать условно бесконечный период времени.

В опубликованной нормативно-методической базе по оценке недвижимости и, в частности, земельных участков не содержится ряд важных положений по применению метода распределения. В частности, необходимо установить те основные параметры, которые влияют на величину доли земли в стоимости недвижимости в целом: соотношение площади земельного участка и строения, престижность местоположения, степень накопленного износа строением и ряда других, а также на выбор информационной базы и корректного отбора объектов-аналогов.

Наиболее подробно сформулированы положения применения доходного подхода. Вместе с тем имеется необходимость уточнить:

- методику определения продолжительности расчетного периода, оцениваемую, в частности, при применении традиционной техники метода ипотечно-инвестиционного анализа,
- область применения метода ПК и второй модификации метода ИИА (методы инвестиционной группы, коэффициента покрытия долга, Акерсона и Элльвуда);
- методику расчета чистого операционного дохода;
- методику оценки величины реверсии (Rev) – предполагаемой цены продажи объекта оценки (возможно условной) в конце расчетного периода;
- методику обоснования нормы дисконта (коэффициента дисконтирования), применяемую как для расчетного периода, так и для постпрогнозного периода в целях оценки величины Rev.

Список литературы

1. Закон РФ № 135-ФЗ от 29.07.98 г. «Об оценочной деятельности в Российской Федерации»;
2. Гражданский кодекс РФ от 30 ноября 1994 года N 51-ФЗ.

3. Приказ Министерства экономического развития и торговли РФ от 20 июля 2007 г. N 256 «Об утверждении федерального стандарта оценки «Общие понятия оценки, подходы к оценке и требования к проведению оценки (ФСО N 1)»;
4. Приказ Минэкономразвития России от 20.05.2015 N 298 «Цель оценки и виды стоимости (ФСО № 2)»;
5. Приказ Министерства экономического развития и торговли РФ от 20 июля 2007 г. N 254 «Об утверждении федерального стандарта оценки «Требования к отчету об оценке (ФСО N 3)»;
6. Приказ Министерства экономического развития и торговли РФ от 22 октября 2010 г. N 508 «Об утверждении Федерального стандарта оценки «Определение кадастровой стоимости (ФСО № 4)»;
7. Приказ Минэкономразвития России от 25.09.2014 N 611 «Оценка недвижимости (ФСО № 7)»;
8. Приказ Минэкономразвития России от 01.06.2015 N 326 «Оценка бизнеса (ФСО № 8)»;
9. Приказ Минэкономразвития России от 01.06.2015 N 327 «Оценка для целей залога (ФСО № 9)»;
10. Приказ Минэкономразвития России от 17.11.2016 N 721 «Определение ликвидационной стоимости (ФСО № 12)»;
11. Приказ Минэкономразвития России от 17.11.2016 N 722 «Определение инвестиционной стоимости (ФСО № 13)»;
12. Распоряжение Минимущества России от 07.03.2002 г. № 568-р «Методические рекомендации по определению рыночной стоимости земельных участков»;
13. Распоряжение Минимущества РФ от 10 апреля 2003 года N 1102-р «Об утверждении Методических рекомендаций по определению рыночной стоимости права аренды земельных участков»;
14. Коланьков С.В. Методология оценки стоимости объектов недвижимости железнодорожного транспорта. – Диссертация на соиск. ... д.э.н., М.: Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ), 2008.– 418 с.;
15. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая редакция)/М-возкон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. Политике; рук. авт. кол.: Коссов В.В., Лившиц В.И., Шахназаров А.Г. – М.: ОАО «НПО «Изд-во «Экономика», 2000. – 421 с.;
16. Постановление Правительства РФ от 16.07.2009 N 582 (ред. от 07.09.2020) «Об основных принципах определения арендной платы при аренде земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности, и о Правилах определения размера арендной платы, а также порядка, условий и сроков внесения арендной платы за земли, находящиеся в собственности Российской Федерации»;
17. Аристотель. Сочинения в 4-х т./Пер. с древнегреч. Общ. ред. А.И. Доватура. – М.: Мысль, 1983. – 830 с. – (Филос. Наследие. Т. 90). – В надзаг.: АН СССР. Ин-т философии;
18. Харрисон Генри С. Оценка недвижимости. Учебное пособие. Пер. с англ. - М.: РИО Мособлупрополиграфиздата, 1994. - 231 с.;
19. Мягков В.Н. Стоимость – не цена. Виды стоимостей и цен. Вопросы оценки, 2019, № 2 (96), с. 2-33;
20. Распоряжение губернатора Санкт-Петербурга от 01.08.1996 N 113-р «О порядке оценки недвижимого имущества, находящегося в государственной собственности, и прав на него»;
21. Приказ Федеральной антимонопольной службы от 18.09.2009 № 621 «Об установлении условий, при которых недвижимое имущество признается равнозначным ранее имеющемуся недвижимому имуществу»;
22. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 4 августа 2020 г. № 421/пр «Методика определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации»;

23. Приказ Минстроя России от 24.08.2016 № 590/пр «Об утверждении свода правил «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения»;

24. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений. МДС 13-14.2000. Утв. Постановлением Госстроя СССР от 29.12.1973 № 279;

25. Постановление Госстроя России от 05.03.2004 № 15/1 «Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации (МДС 81-35.2004)».

Контактная информация:

Коланьков Сергей Вячеславович – д-р экон. наук, проф.; kolankov@pgups.ru

Каптелин Дмитрий Сергеевич – начальник управления информатизации; ui@pgups.ru

Author's information:

Sergey V. Kolankov – D. Eng. Sci., Professor; kolankov@pgups.ru

Dmitry S. Kaptelin – Head of IT Department; ui@pgups.ru

УДК 347.214.2:656

Коланьков С.В., Иванова К.И., Зубков А.Н.

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Санкт-Петербург

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Рассмотрены методы оценки устойчивости инвестиционных проектов, которые позволяют учесть неопределенность рыночного окружения при их реализации и повысить степень обоснованности решений инвесторов. Сформулированы отличия понятий неопределенность и риск. Указана область применения методов оценки устойчивости инвестиционных проектов. Предложен ряд уточнений методического характера, связанных с применением методом оценки устойчивости инвестиционных проектов. Приведен пример оценки инвестиционного проекта, выполненный студенческим научным коллективом при работе по гранту Октябрьской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги».

Ключевые слова: эффективность инвестиционных проектов, устойчивость инвестиционных проектов, метод оценки, параметры инвестиционных проектов, чистый дисконтированный доход.

Kolankov S.V., Ivanova K.I., Zubkov A.N.

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university, Saint Petersburg

ASSESSMENT OF SUSTAINABILITY OF INVESTMENT PROJECTS

Methods for assessing the sustainability of investment projects are considered, which allow taking into account the uncertainty of the market environment when implementing them and increasing the degree of validity of investors decisions. The differences between the concepts of uncertainty and risk are formulated. The scope of application of methods for assessing the sustainability of investment projects is indicated. The scope of application of methods for assessing the sustainability of investment projects is indicated. A number of methodological clarifications related to the use of the method of assessing the sustainability of investment projects are proposed. An example of the evaluation of an investment project carried out by a student research team under a grant from the Oktyabrskaya Railway, a branch of Russian Railways, is given.

Keywords: efficiency of investment projects, sustainability of investment projects, evaluation method, investment project parameters, net present value.

Осуществление практически любого инвестиционного проекта связано с неопределенностью рыночного окружения, исходных данных для принятия решения и риском для инвестора, который характеризуется вероятностью его возникновения и масштабом возможных потерь. Для железнодорожных инвестиционных проектов указанные явления, преодоление которых представляет подчас существенную трудность для инвесторов, являются более актуальными по сравнению со многими другими видами строительства из-за значительных

масштабов и сметной стоимости объектов и, соответственно, продолжительности инвестиционного цикла, их расположения, зачастую, в нескольких субъектах Российской Федерации, повышенной неопределенности порождаемых притоков, сочетания как коммерческих, так и народнохозяйственных эффектов.

С точки зрения отличия этих двух понятий можно отметить, что неопределенность существует всегда, в связи с тем, что информация всегда не точна, ее объем не полон, имеются противоречия данных, полученных из различных источников. Риск возникает только тогда, когда требуется принять решение о реализации инвестиционного проекта. Кроме того, неопределенность носит объективный характер, а риск всегда субъективен в связи с тем, что инвесторы различаются своим отношением к явлениям неопределенности и риска, что отражается на продолжительности и решительности принятия ими решений [1]. Однако для любого инвестора одним из главных вопросов остается проблема надежности принимаемого решения, что может быть обеспечено выполнением оценки устойчивости инвестиционного проекта по отношению к разного рода негативным воздействиям как внешнего, так и внутреннего характера.

Основные методические положения по оценке устойчивости инвестиционного проекта сформулированы в Методических рекомендациях [2, п. 10.1], в которых данные расчеты предлагается выполнять следующими методами, расположенными в порядке возрастания точности и трудоемкости их применения:

1. Метод укрупненной оценки устойчивости проекта в целом или с точки зрения отдельных его участников;
2. Метод оценки границ (точки) безубыточности;
3. Методы вариации параметров проекта;
4. Методы оценки устойчивости проекта с учетом количественных характеристик неопределенности.

Опыт оценки эффективности инвестиционных проектов свидетельствует, что необходимо уточнить ряд положений Методических рекомендаций [2] в части расчета их устойчивости.

Все названные методы (кроме первого) предполагают разработку различных сценариев реализации инвестиционного проекта и оценку их экономических последствий.

Метод укрупненной оценки устойчивости проекта предусматривает однократный расчет показателей эффективности инвестиционного проекта (чистого дисконтированного дохода – ЧДД, срока окупаемости и др.) при соблюдении следующих правил [2, п. 10.2]:

- использование умеренно-пессимистических прогнозов основных технико-экономических параметров проекта (например, объема выручки, продолжительности работ по созданию и сметной стоимости проекта);
- учет в расчетах резервов средств на инвестиционные и операционные расходы;
- увеличение нормы дисконта на величину поправки на риск [2, 11.2; П1.3].

При применении метода укрупненной оценки устойчивости инвестиционного проекта зачастую используется экспертная оценка для определения того или иного параметра реализации проекта, базирующаяся на профессиональных обоснованных суждениях специалистов. В связи с этим данный метод является наиболее субъективным из всех возможных способов оценки устойчивости инвестиционных проектов.

Следует отметить, что на уровень оценки параметров инвестиционного проекта влияет опыт и квалификация эксперта. Влияние данного источника субъективизма можно заметно сократить в случае использования мнений нескольких экспертов, с последующей обработкой полученной информации с помощью известной формулы:

$$R = \frac{R_1 + 4R_2 + R_3}{6}, \quad (1)$$

где R_1, R_2, R_3 – оценка величины (вероятности) рисков, выполненная, соответственно, наименее опытными специалистами, специалистами среднего уровня и специалистами высшего уровня (квалификации).

Значения R_1, R_2 и R_3 могут также трактоваться, как мнения высказанные сотрудниками, занимающими, соответственно, низшие, средние руководящие и высшие руководящие должности. Если в каждой группе участвовало несколько экспертов, то величина R_1, R_2, R_3 может быть получена как среднееарифметическое значение из мнений экспертов, входящих в каждую группу. Вместе с тем следует отметить, что на практике какое-либо значительное число экспертов редко удается опросить и применение данной формулы не всегда представляется возможным.

Кроме того, на оценку величины и вероятности рисков влияют также иные субъективные качества специалистов: склонность к восприятию рисков, государственная принадлежность и личные убеждения аналитиков.

По склонности к восприятию рисков можно выделить людей осторожного и авантюрного (т.е. склонных к преуменьшению рисков) склада характеров. Человек, склонный к осторожности, будет преувеличивать величину и вероятность рисков, в отличие от специалиста, обладающего авантюрным характером, который будет их преуменьшать.

С точки зрения государственной принадлежности экспертов можно отметить, что отечественные специалисты склонны несколько преуменьшать риски из-за того, что общий экономический фон, ситуация и тенденции на рынке им привычны, что ведет к склонности не замечать или преуменьшать некоторые источники возникновения рисков, не обращать существенного внимания на имеющуюся неопределенность. В то же время иностранными экспертами ситуация в России естественным образом оценивается более неопределенной и они попадают в положение людей у которых «от страха глаза велики», что зачастую приводит к преувеличению величины и вероятности рисков [1].

Личные убеждения аналитиков могут существенно исказить объективную картину, например, из-за политических симпатий или антипатий, в частности, приверженности к санкционному режиму, зависимости от какой-либо промышленной или финансовой группы, родственных связей в определенном государстве и т.д.

Другие методы оценки устойчивости применяются при наличии информации о различных сценариях реализации проекта, вероятностях их осуществления и о значениях основных технико - экономических показателей проекта при каждом из сценариев.

Метод оценки границ (точки) безубыточности применяется только для оценки влияния возможного изменения параметров проекта на его финансовую реализуемость и не позволяет определить степень эффективности самого инвестиционного проекта. Поскольку метод оценки границ (точки) безубыточности проекта является вспомогательным, дополняющим расчет эффективности инвестиционного проекта, в рамках настоящей статьи он не рассматривается и с методикой его применения можно ознакомиться в р. 10.4 Методических рекомендаций [2] .

Оценка устойчивости инвестиционных проектов путем *вариации параметров* может выполняться следующими методами: методом анализа чувствительности, методом дерева сценариев и методом определения предельных значений параметров проекта. Здесь можно отметить, что в Методических рекомендациях выделяется только один метод – вариации параметров, а также его модификация – метод определения предельных значений параметров проекта.

При применении *метода анализа чувствительности* производят изменение какого-то одного параметра инвестиционного проекта (сметной стоимости или продолжительности строительства, косвенных издержек инвестора, величины выручки и себестоимости выпуска продукции, продолжительности операционного периода, нормы дисконта и т.д.) при фиксировании остальных параметров. Тем самым определяется, каким образом изменяются показатели эффективности инвестиционного проекта при изменении одного из параметров его реализации. Данный метод может завершаться определением степени изменения показателей эффективности при изменении одного из параметров инвестиционного проекта (эластичности параметров). По результатам этой оценки можно построить рейтинг эластичности, показывающий, какие из параметров оказывают наибольшее влияние на изменение показателей эффективности инвестиционного проекта.

Метод дерева сценариев предполагает одновременное изменение всех параметров проекта. Тем самым оценивается комплексное влияние всех параметров на величину ожидаемого интегрального эффекта. При этом, чем большее число параметров проекта выделяется, тем большее ветвление возникает на дереве. Как правило, рассматриваются либо два (пессимистический и оптимисти-

ческий), либо три (пессимистический, наиболее вероятный – базовый и оптимистический) варианта изменения параметров проекта.

В 2020–2021 гг., по договору с Октябрьской железной дорогой, студенческим творческим коллективом под руководством проф. С.В. Коланькова, был выполнен грант на тему «Технико-экономическое обоснование применения пешеходных переходов из композиционных материалов» [4], в рамках которого, при применении метода сценариев, были выделены следующие параметры оцениваемого проекта:

1. Монтаж и демонтаж пешеходного настила;
2. Уборка снега и утилизация настила после завершения срока службы;
3. Амортизационные отчисления и прибыль;
4. Экономия выплат при возможных несчастных случаях.

Были рассмотрены два сценария реализации проекта инновационного пешеходного перехода: пессимистический и оптимистический. Для этого величина выделенных параметров изменялась на 20% [2, п. 10.5] по сравнению с базовым вариантом в большую и меньшую сторону: доходные параметры для расчета пессимистического варианта уменьшались на 20%, а затратные параметры – увеличивались на 20%.

Норма дисконта при пессимистическом варианте увеличивалась на 20%, при оптимистическом – уменьшалась на 20%. Были построены, четыре ветви дерева сценариев:

- при оптимистическом начале и оптимистической норме дисконта;
- при пессимистическом начале и оптимистической норме дисконта;
- при оптимистическом начале и пессимистической норме дисконта;
- при пессимистическом начале и пессимистической норме дисконта.

Пример одной из ветвей дерева сценариев (начало – пессимистичное, при пессимистичной норме дисконта) приведен на рис. 1, где в ячейках показана дисконтированная к нулевому моменту времени величина отдельных параметров инвестиционного проекта. На данной ветви дерева сценариев у всех параметров проекта, кроме первого, указаны как пессимистичная, так и оптимистичная дисконтированная величина. Тем самым осуществляется полный перебор возможных сочетаний пессимистичных и оптимистичных параметров проекта на всех четырех ветвях дерева сценариев.

Из рис. 1 видно, что крайне левое значение ЧДД является минимальным, т.к. предполагает только пессимистичные величины всех параметров реализации проекта, а крайнее правое значение ЧДД – максимальным, т.к. все параметры проекта, кроме первого, определены исключительно при оптимистичном их значении.

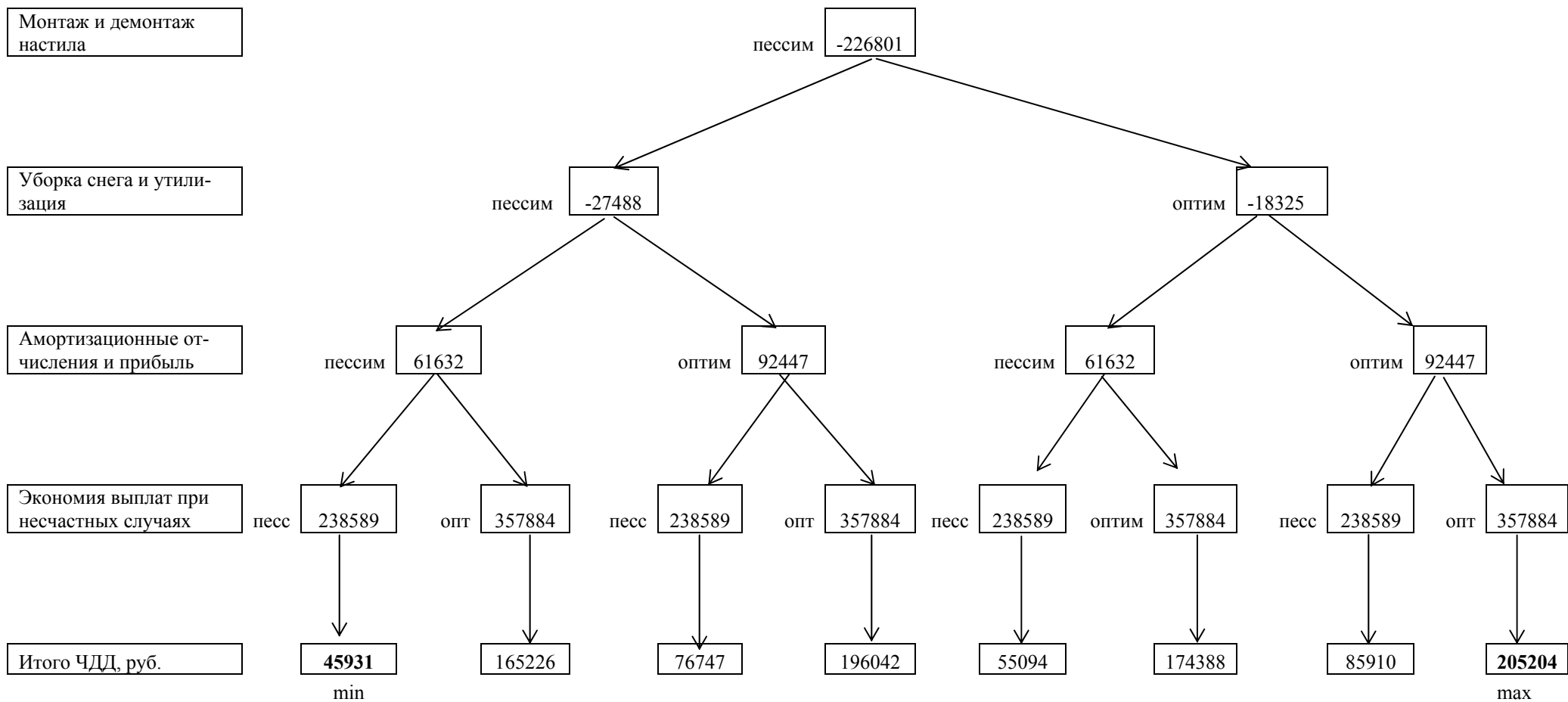


Рис. 1. Пример одной из ветвей дерева сценариев. Начало – пессимистическое, норма дисконта - минимальная пессимистическая

При методе сценариев возникает проблема обработки итогового ряда значений ЧДД, которую можно решить путем применения оценки вероятностной неопределенности (см. ниже).

Метод определения предельных значений параметров проекта предусматривает определение таких их значений, при которых интегральный эффект (ЧДД) становится равным нулю или, говоря иначе, величина интегрального эффекта не выходит из зоны положительных значений (остается положительной). К данному методу может относиться и вычисление величины внутренней нормы доходности, которая является такой нормой дисконта, при которой ЧДД равен нулю.

Реализация данного метода может предусматривать либо определение предельного значения какого-то одного параметра проекта, например, только сметной стоимости или только величины грузового движения, либо предельных значений всех наиболее значимых параметров проекта, сочетание которых приводит к нулевой величине интегрального эффекта – ЧДД.

При реализации *метода дерева сценариев* и *метода определения предельных значений параметров проекта* целесообразно применение метода имитационного моделирования, которое может быть выполнено в электронных таблицах Excel с использованием генератора случайных чисел. Количество имитационных экспериментов (случайных сценариев) должно быть достаточно велико (обычно, не менее 200), чтобы сделать получаемую выборку репрезентативной по отношению к бесконечному числу возможных комбинаций. Методом имитационного моделирования осуществляется построение вероятностной модели ЧДД при изменении значений основных переменных параметров проекта, влияющих на его величину. При имитационном моделировании можно использовать результаты анализа эластичности, на основе которого отбираются наиболее подверженные риску параметры проекта, т.е. такие, изменения величины которых вызывают наибольшие отклонения ЧДД. Кроме того, необходимо выбрать закон распределения. Чаще всего используются нормальный и равномерный законы распределения вероятностей; при этом для каждой случайной переменной задается определенный интервал с учетом худшего и лучшего сценариев развития событий.

К методам оценки устойчивости проекта *с учетом количественных характеристик неопределенности* относятся метод оценки вероятностной неопределенности и метод оценки интервальной неопределенности.

Метод оценки вероятностной неопределенности применяется при небольшом числе вариантов реализации инвестиционного проекта в связи со сложностью оценки вероятности каждого из них.

Расчет ожидаемого интегрального эффекта ведется по формуле математического ожидания:

$$\mathcal{E}_{ож} = \sum_k \mathcal{E}_k \times P_k , \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{ож}$ – ожидаемый интегральный эффект проекта (ЧДД), руб.; \mathcal{E}_k – интегральный эффект проекта (ЧДД) при k-том сценарии, руб.; P_k – вероятность реализации этого сценария.

Очевидно, что $\sum P_k = 1$. При небольшом числе вариантов (3-4) «распределить» единицу между каждым из них не вызывает больших сложностей. При существенном числе вариантов взаимосвязи между вероятностями отдельных вариантов существенно усложняются и становятся достаточно проблематичным объяснить величину вероятности реализации того или иного варианта.

Метод оценки вероятностной неопределенности может быть также реализован при совместном его применении с методами анализа чувствительности и метода дерева сценариев для построения графиков изменения показателей эффективности инвестиционного проекта (главным образом ЧДД, как показателя интегрального эффекта) в зависимости от изменения вероятности варианта [3, п. 6.4.4], а также для ранжирования вариантов реализации инвестиционного проекта или самих инвестиционных проектов по степени эффективности. На указанных графиках можно выделить зоны эффективности каждого из рассматриваемых вариантов или определить, при каком интервале значений вероятности реализации каждого из вариантов он является наиболее эффективным.

Метод оценки интервальной неопределенности применяется в случае, когда отсутствует информация о вероятности реализации вариантов (сценариев) реализации инвестиционного проекта.

Здесь расчет ожидаемого интегрального эффекта выполняется по формуле Гурвица:

$$\mathcal{E}_{ож} = \lambda \times \mathcal{E}_{\max} + (1 - \lambda) \times \mathcal{E}_{\min} , \quad (3)$$

где \mathcal{E}_{\max} и \mathcal{E}_{\min} – наибольший и наименьший интегральный эффект (ЧДД) по рассмотренным сценариям; λ – специальный норматив для учета неопределенности эффекта, отражающий систему предпочтений соответствующего хозяйствующего субъекта в условиях неопределенности. При определении ожидаемого интегрального народнохозяйственного экономического эффекта рекомендуется принимать на уровне 0,3 [1, п. 10.6.2].

Применение формулы Гурвица возможно без учета крайних ветвей дерева сценариев, т.е. тех последовательностей изменения показателей проекта, которые характеризуются только пессимистичным или только оптимистичным значениями. Тем самым исходят из предположения, что при реализации инвестиционного проекта вряд ли возможна ситуация, когда все без исключения параметры примут либо пессимистичное, либо оптимистичное значение.

В заключение можно отметить, что в настоящее время используются достаточно разнообразные методы оценки устойчивости инвестиционных проектов, позволяющие выполнить как качественную, так и количественную оценку их эффективности с учетом возможных изменений параметров реализации. Данные методы позволяют также осуществить ранжирование различных параметров инвестиционных проектов по критерию эластичности, тем самым определить наиболее рискованные элементы их реализации, разработать мероприятия по преодолению рисков.

Ряд методов позволяют использовать возможности прикладного программного обеспечения, моделируя процесс реализации инвестиционных проектов. Как правило, данные методы не могут самостоятельно реализовываться производителями и требуют повышения их квалификации, которое, в частности, может быть проведено в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I. В разработанных методах оценки устойчивости остаются ряд методических проблем, что может быть устранено, в частности, при подготовке диссертации на соискание ученой степени кандидата наук или ряда магистерских диссертаций.

Список литературы

1. Коланьков С.В., Воронова С.П. Норма дисконта как мера риска при оценке резерва на замещение быстроизнашивающихся элементов объектов недвижимости. В кн. Управление рисками в экономике: проблемы и решения/под ред. д-ра техн. наук, проф. С.Г. Опарина. Коллективная монография. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – С. 220-237.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. Политике; рук. авт. кол.: Коссов В.В., Лившиц В.И., Шахназаров А.Г. – М.: ОАО «НПО «Изд-во «Экономика», 2000. – 421 с.
3. Распоряжение Росавтодора от 10.11.2015 № 2106 «Об издании и применении ОДМ 218.4.023-2015 «Методические рекомендации по оценке эффективности строительства, реконструкции, капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог».
4. Распоряжение первого проректора – проректора по научной работе ФГБОУ ВО ПГУПС от 29.12.2020 № 596/р «О выделении средств на разработку инновационных проектов».

Контактная информация:

Коланьков Сергей Вячеславович – д-р экон. наук, проф.; kolankov@pgups.ru
Иванова Ксения Игоревна – асс.; kivanova@pgups.ru
Зубков Анатолий Николаевич – аспирант; azubkov@internet.ru

Author's information:

Sergey V. Kolankov – D. Eng. Sci., Professor; kolankov@pgups.ru
Ksenia I. Ivanova – Assistant; kivanova@pgups.ru
Anatoly N. Zubkov – PhD. Student; azubkov@internet.ru

УДК 332.33

Меркушева В.С.

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Санкт-Петербург

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПОЛИГОНА ТБО «СЕВЕРНАЯ САМАРКА» НА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ ЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Статья посвящена обоснованию рациональности вовлечения в хозяйственный оборот ресурсов полигонов ТБО. На примере полигона ТБО «Северная Самарка», расположенного в Ленинградской области, рассмотрен вариант оснащения полигона системой сбора биогаза. Предложенная автором модель, предлагает зонировать участки полигонов и по показателю капиталоотдачи определять эффективность создания систем биогаза. Экономико-математическая модель позволяет разрабатывать план мероприятий по поэтапному созданию системы сбора биогаза. Применение данного подхода будет способствовать повышению экономической эффективности инвестиций в оснащение полигонов ТБО системами сбора биогаза.

Ключевые слова: земельные ресурсы, эффективное использование, безопасность, жизненный цикл полигона.

V.S. Merkusheva

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg

EFFICIENT USE OF THE LAND RESOURCES OF THE LANDFILL "SEVERNAYA SAMARKA" AT THE FINAL STAGE OF ITS LIFE CYCLE

The article is devoted to substantiating the rationality of involving landfill resources in economic turnover. On the example of the landfill "Severnaya Samarka", located in the Leningrad region, the option of equipping the landfill with a biogas collection system is considered. The model proposed by the authors, based on the zoning of landfill sites and the calculation of capital return from their use, makes it possible to develop an action plan for the phased creation of a biogas collection system. The application of this approach will contribute to increasing the economic efficiency of investments in equipping landfills with biogas collection systems.

Keywords: land resources, efficient use, safety, landfill life cycle.

На сегодняшний день большой проблемой коммунальных хозяйств городов является загрязнение окружающей среды отходами, выбросами, сточными водами всех видов промышленного производства и сельского хозяйства. На территории Российской Федерации многие полигоны исчерпали свои ресурсы по размещению отходов. В связи с этим перед властями регионов встает вопрос

безопасности экосистемы регионов. Нами предложено и обоснована, на примере полигона ТБО «Северная Самарка» в Ленинградской области, целесообразность вовлечения ресурсов полигонов ТБО в хозяйственный оборот. Известно, что полигоны, исчерпавшие свою мощность, могут быть использованы для получения вторичных энергетических ресурсов даже на заключительном этапе своего жизненного цикла. Обычно на последнем этапе своего использования полигоны рекомендуется закрывать и производить рекультивацию земель. Процесс рекультивации осложняется тем, что закрываемые полигоны представляют экологическую опасность в первую очередь для населения, а так же и для окружающей среды, поскольку содержат большое количество экологически опасных веществ. В мировой практике земельные участки полигонов используются с целью получения энергетических ресурсов, что является достаточно эффективно.

Жизненный цикл одного из таких потенциальных источников возобновляемых энергетических ресурсов, которым является полигон ТБО, схематично изображен на рисунке 1.

Системы сбора биогаза не являлись обязательным элементом оснащения территорий, выделяемых под сбор ТБО, при проектировании объектов данного типа в регионах России [1,2]. Поэтому, с переходом экономики на замкнутые циклы и возросшим интересом к устойчивости низкоуглеродного развития появилась необходимость создания таких систем уже на последних этапах жизненного цикла [8].

Внедрения систем сбора биогаза в Северо-Западном регионе началось более 20 лет назад. Примером успешного применения таких систем является реализованный пилотный инвестиционный проект по созданию генерирующего объекта на полигоне «Новый Свет-ЭКО» в Гатчинском районе, и ряд других проектов. Генерирующие объекты на полигонах в Ленинградской области используют свалочный газ в качестве возобновляемого источника энергии. Результат работы системы на одном объекте позволил получить 4,8 МВт электроэнергии. Вся полученная энергия на полигоне «Новый Свет-ЭКО» была передана в электрические сети ПАО «Ленэнерго» и куплена по утвержденному тарифу [3].



Рис. 1. Блок-схема жизненного цикла полигона ТБО

Реализация подобных проектов позволяет предотвратить вредное воздействие отходов производства и, за счет их реализации, обеспечить экологическую безопасность населения и окружающей среды. Заинтересованность инвесторов в создании систем сбора биогаза на полигонах ТБО будет обуславливаться получением различных эффектов от внедрения такого проекта, например, экологического, социального и экономического. Перечисленные эффекты можно получить при рациональной организации процесса сбора биогаза.

Полигон ТБО «Северная Самарка» давно уже исчерпал свои ресурсы, поэтому вопрос о рациональном использовании его ресурсов на заключительном этапе жизненного цикла полигона поднимался неоднократно. «Северная Самарка» расположена во Всеволожском районе Ленинградской области. Полигон был введен в эксплуатацию в 1974 году исключительно для строительных отходов, но в ходе эксплуатации свалка начала принимать отходы всех классов опасности. Сложность дальнейшего использования полигона связана с тем, что вокруг него располагается достаточно большие садоводства, деревни Колтуши и Мяглово, в которых постоянно проживают граждане. По данным экспертизы полигон за время своей эксплуатации скопил около 30 млн. тонн отходов. Это факт показывает, что полигон практически полностью исчерпал свои производственные мощности.

«Северная Самарка» находится на территории, допущенной к использованию в качестве производственно-хозяйственной зоны и объекта по обращению с твердыми отходами, согласно данным Единого государственного реестра прав (ЕГРП). Это означает, что даже при проведении процедуры рекультивации, этот земельный участок не представляется возможным использовать под жилую застройку или объекты социальной сферы, парки, а также для нужд сельского хозяйства без изменения его назначения. Изменить цель назначения земельного

участка под полигоном после рекультивации возможно только с согласия арендодателя.

Проанализировав все выше перечисленные факты, предлагается оснастить полигон системой сбора биогаза. Экспертами были сделаны следующие оценки, что после сбора образующегося биогаза, использовать хотя бы его половину, то это будет равноценно утилизации 10% отходов, доставленных на полигон [4]. Выявлена необходимость ведения мониторинга количественного и качественного состава отходов в момент их поступления на полигон с последующим зонированием полигона на зоны быстро и медленно разлагаемых отходов. Полученная информация о зонах позволит рационально определить зоны для размещения системы сбора биогаза на земельном участке полигона [9].

В результате мониторинга, устанавливается местоположение участков (зон) с потенциальным стабильным метанообразованием. Для эффективного внедрения систем сбора биогаза целесообразно определить очередность их установления с помощью математической модели.

При определении критерия оптимальности экономико-математической модели предлагается использовать показатель капиталоемкости Z оснащения зоны земельного участка полигона системой сбора биогаза. Показатель капиталоемкости рекомендуется использовать, поскольку он непосредственно связан с объемом планируемых работ по установке систем биогаза. Выбранный критерий показывает промежуточный ввод в действие (оснащение) отдельных зон земельного участка полигона в процессе выполнения работ по созданию системы сбора биогаза. Капиталоемкость учитывает изменение инвестиций во времени – неравноценность затрат и результатов, осуществляемых и получаемых в различные периоды времени.

Показатель капиталоемкости отражает долю капитальных вложений, используемых по созданию системы сбора биогаза в процессе осуществления работ. Капитальные вложения, используемые при расчете критерия капиталоемкости, обеспечивают промежуточные вводы i -ой зоны земельного участка полигона, и следовательно характеризуют их наискорейшую отдачу в результате получения биогаза от системы сбора биогаза. По показателю капиталоемкости можно судить об экономической эффективности используемых инвестиций при последовательном внедрении в работу зон полигонов ТБО, оснащенных системами сбора биогаза. Такие зоны будут являться источниками энергетических ресурсов, которые смогут обеспечить экономическую, экологическую и социальную эффективность от внедрения данного проекта.

Список литературы

1. Алешина Т.А. Добыча и утилизация свалочного газа для повышения эффективности отечественной электроэнергетики // Вестник МГСУ. - 2010. - №2. – С. 140-143.
2. Кирсанова А.Ю., Филиппова Т.М. Энергетический потенциал «свалочного газа» на полигоне ТБО г. Ангарска // Вестник АГТА. – 2008. – №1(2). – С. 82-87.

3. Кысыыдак А.С., Салчак А.Д. Энергетический потенциал полигонов твердых бытовых отходов // Вестник Тувинского государственного технического университета. - 2013. – №3. – С. 34-39.

4. Любинская Т.В. Снижение эмиссии биогаза ТБО как важнейший элемент сокращения «парникового» эффекта // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2010. – №1. – С. 76-81.

5. Любарская М.А., Меркушева В.С., Лузин Н.М. Вопросы эффективного использования земельных ресурсов полигонов на заключительном этапе их жизненного цикла// Экономический вектор . – 2021. № 4 (27). С. 154-159.

6. Масликов В.И., Чусов А.Н., Черемисин А.В., Рыжакова М.Г. Оценка геоэкологического риска загрязнения атмосферы выбросами полигонов ТБО для выбора мероприятий по рекультивации // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. – 2012. – №2(1). – С. 239-243.

7. Масликов В.И., Чусов А.Н., Молодцов Д.В., Рыжакова М.Г. Зональное определение эмиссий биогаза на полигоне ТБО для оценки геоэкологического состояния и обоснования управления процессами разложения отходов при рекультивации // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. – 2012. – №2(1). – С. 260-265.

8. Оганесян А., Курита Х., Маслов Д., Таке А. Проект сбора свалочного биогаза и выработки энергии в Ереване // Альтернативная энергетика и экология. – 2005. – №12(32). – С. 88-93.

9. Шиловских П.А., Костарев С.Н. Концептуальные подходы к моделированию управления процессами на объектах депонирования отходов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2007. – №2. – С. 120-125.

Контактная информация:

Меркушева Виктория Сергеевна – кан. тех. наук, доц.; vika.merkusheva@bk.ru

Author's information:

Victoria S. Merkusheva – PhD. Eng. Sci, Associate Professor; vika.merkusheva@bk.ru

УДК 528.4

Рыбкина А.М., Гузыгин Д.А., Энна А.Ю., Кузьмина Е.С.

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Санкт-Петербург

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ БЕЗОПАСНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В САНИТАРНЫХ РАЗРЫВАХ ОТ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Статья посвящена вопросам функционирования системы мониторинга безопасного землепользования в санитарных разрывах от железных дорог с применением сквозных цифровых технологий и методов геоинформационного анализа. Рассмотрены аспекты законодательного и нормативного регулирования процедуры установления охранных зон. С целью своевременного выявления и предотвращения дальнейшего формирования жилой застройки в пределах санитарных разрывов от железных дорог предложен алгоритм работы геоинформационной системы мониторинга безопасного землепользования.

Ключевые слова: мониторинг земель, зоны с особыми условиями использования территорий, геоинформационная система.

A.M. Rybkina, D.A. Guzygin, A.U. Enna, E.S. Kuzmina

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg

GEOINFORMATION MONITORING OF SAFE LAND USE IN SANITARY GAPS FROM RAILWAYS

The article is devoted to the functioning of the monitoring system for safe land use in sanitary gaps from railways using end-to-end digital technologies and methods of geoinformation analysis. The aspects of legislative and regulatory regulation of the procedure for establishing security zones are considered. In order to timely identify and prevent further formation of residential development within sanitary gaps from railways, an algorithm for the operation of a geoinformation system for monitoring safe land use is proposed.

Keywords: monitoring of lands, zones with special conditions of use of territories, geoinformation system.

В соответствии с ч.1 ст. 104. главы XIX Земельного кодекса РФ (ЗК РФ) для обеспечения безопасности государства и граждан, сохранности объектов особого режима использования, в том числе объектов культурного наследия, а также охраны окружающей среды от вредного воздействия внешних факторов на территории Российской Федерации устанавливаются зоны с особыми условиями использования территорий (ЗООИТ).

Статья 105 ЗК РФ содержит полный перечень видов ЗООИТ, среди которых выделяются: охранный зона железных дорог и санитарно-защитная зона. По за-

кону для установления, функционирования и изменения ЗОУИТ в отношении каждого вида зон необходимо руководствоваться положениями, утвержденными правительством Российской Федерации.

Тем не менее, в отношении охранных зон железных дорог соответствующее положение отсутствует, а в настоящий момент действует Постановление от 12 октября 2006 г. № 611 «О порядке установления и использования полос отвода и охранных зон железных дорог», согласно которому границы охранных зон железных дорог могут устанавливаться в случае прохождения железнодорожных путей в местах с повышенной опасностью возникновения обвалов, лавин, оползней, и пр., а также в районах подвижных песков и на землях, занятых лесной растительностью.

Однако в соответствии с п. 8.20 СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» установлено, что жилую застройку требуется отделять от железных дорог санитарным разрывом, значение которого рассчитывается на основе санитарных требований. Требования к санитарным разрывам объектов железнодорожного транспорта установлены санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

Следует отметить, что на величину разрыва влияют показатели рассеивания загрязнения атмосферного воздуха и иных физических факторов (шума, вибрации, электромагнитных полей и др.). Таким образом, для расчётов в каждом конкретном случае необходимо проведение натурных исследований и измерений.

Тем не менее, нормативной документацией, в том числе правилами землепользования и застройки городских и сельских поселений, для защиты от шума и вибраций предусмотрена возможность использования нормативных значений санитарных разрывов до выполнения расчета: не менее 100 м и 50 м от оси крайнего железнодорожного пути до планируемой жилой застройки.

Уменьшение минимального значения санитарного разрыва до 50 м возможно при выполнении шумозащитных мероприятий, а также на территориях садово-дачной застройки.

Кроме того, аналогичная норма прописана в п.2.2.3.4 Отраслевых строительных норм «Нормы и правила проектирования отвода земель для железных дорог» ОСН 3.02.01-97.

В связи с отсутствием в ЕГРН сведений о координатах характерных точек контуров железных дорог, а также о вышеуказанных санитарно-защитных зонах (санитарных разрывах) в настоящее время происходит застройка участков жилыми домами без учета особого режима использования территорий, расположенных вблизи железных дорог (рис. 1).



Рис.1. Расположение жилой застройки вблизи железных дорог

На основании ч.1 ст.222 Гражданского кодекса РФ Росреестр беспрепятственно проводит кадастровый учет и регистрацию собственности на данные здания, что оказывает отрицательное влияние на безопасность жизни и здоровья граждан.

Гражданским кодексом установлено, что объект капитального строительства, построенный с нарушением действующих ограничений использования земельного участка, не является самовольной постройкой в том случае, если собственник не знал и не мог знать о установленных ограничениях в отношении принадлежащего ему земельного участка [2].

В целях решения проблемы информирования собственников земельных участков, расположенных в пределах санитарных разрывов, для избежания дальнейшей застройки без учета действующих нормативов предлагается геоинформационная система мониторинга безопасного землепользования в санитарных разрывах от железных дорог, алгоритм работы с которой представлен на рисунке 2.

Автоматизация процесса распознавания объектов железнодорожного транспорта реализуется посредством технологий машинного обучения и компьютерного зрения. Применение методов искусственного интеллекта для решения задачи обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [3], в том числе для целей кадастра и мониторинга процессов работы с недвижимостью, является приоритетным направлением цифровой трансформации Росреестра.

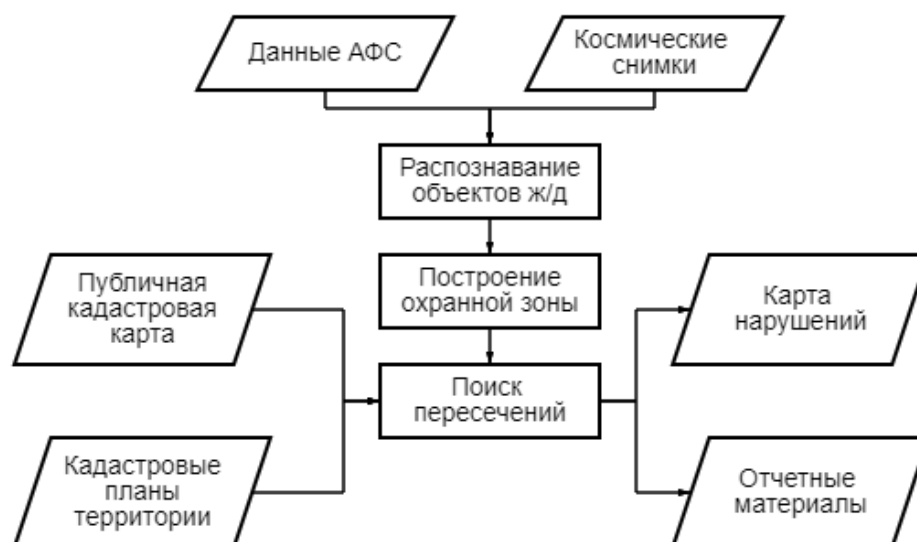


Рис. 2. Алгоритм работы системы мониторинга безопасного землепользования в санитарных разрывах от железных дорог

Согласно данным АО «Российские космические системы» в настоящий момент открываются хорошие перспективы для использования космических снимков, получаемых при помощи космических аппаратов российского производства, как основы единого информационного ресурса о земле и недвижимости.

Сообщается, что современный уровень качества российских данных ДЗЗ и разработанные в АО «Российские космические системы» технологии автоматической потоковой обработки данных делают возможным появление в России высокоточных инструментов для создания и мониторинга топографических карт, планов и геоинформационных ресурсов различного назначения. Использование сведений Федерального фонда данных ДЗЗ и возможностей навигационной системы ГЛОНАСС в совместной деятельности Роскосмоса и Росреестра позволит обеспечить государство и граждан актуальной и достоверной информацией обо всех объектах учета [4].

Роль Государственной корпорации «Роскосмос» в проекте как поставщика актуальной космической информации заключается в интеграции Единой территориально-распределенной информационной системы ДЗЗ (ЕТРИС) и Единого комплекса автоматизированных программно-аппаратных средств формирования и ведения банка базовых продуктов межведомственного использования. Платформу планируется связать с комплексом отраслевых информационных сервисов, разрабатываемых Роскосмосом по проекту «Цифровая Земля» для решения мониторинговых задач [4].

По состоянию на 2021 г. АО «Российские космические системы» выполнило ряд работ по обеспечению данными ДЗЗ работ, проводимых Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестром) и подведомственными ему учреждениями (рисунок 3).

В силу того, что в данных космической съемки отсутствует субъективная составляющая, они являются независимым источником информации об объектах недвижимости и границах территорий. В этой связи наиболее перспективным направлением дальнейшего взаимодействия представляется интеграция платформы «Цифровая Земля» (Роскосмос) с базой данных ЕГРН (Росреестр).

Объединение информационных систем двух ведомств позволит добиться синергического эффекта. В настоящий момент в рамках реализации программ цифровой трансформации геосервисы используют технологии искусственного интеллекта, в том числе для автоматического получения тематических слоев по космическим снимкам.



Рис. 3. Результаты взаимодействия АО «Российские космические системы» и Росреестра в 2021 году

Автоматизированное дешифрирование данных ДЗЗ является эффективным инструментом для получения сведений о нарушении границ, самозахвате земель, наличии реестровых ошибок в границах земельных участков и объектов капитального строительства, о местоположении характерных точек контуров незарегистрированных объектов недвижимости. Наибольшей информативностью, объективностью и полезностью полученные сведения обладают в сочетании с данными государственных реестров.

В соответствии с вышеизложенным, применение искусственного интеллекта для обработки данных ДЗЗ является наиболее рациональным способом получения сведений о координатах характерных точек контуров объектов недвижимости в ситуации больших данных. Построение охранных зон осуществляется при помощи инструментов создания буферов [5]. Полученные буферные зоны

экспортируются в формате GeoJSON для последующего импорта на публичную кадастровую карту с целью поиска пересечений с земельными участками (рисунк 3). Также для этих целей могут быть использованы xml-файлы кадастровых планов территории.

Дальнейшее применение методов геоинформационного анализа данных позволяет получить список объектов недвижимости, расположенных в границах охранной зоны или частично пересекающих ее, пространственные и площадные характеристики пересечений, и представить результаты в виде отчета Excel и карты нарушений.



Рис. 4. Результат поиска пересечений сформированной буферной зоны и земельных участков

Таким образом, в результате мониторинга безопасного землепользования в санитарных разрывах от железных дорог выполняется:

1. Формирование списка земельных участков, территории которых не пригодны к застройке в пределах нормативных санитарных разрывов железных дорог.

2. Формирование графического представления (схем) с расчетом площадей земельных участков или их частей, непригодных к застройке в пределах нормативных санитарных разрывов железных дорог.

3. На основе данных сформированного списка происходит дифференциация участков по принадлежности к определенным городским/сельским поселениям. На основании полученных данных может быть реализована массовая рассылка уведомлений в администрации поселений.

Следует отметить, что применение методов геоинформационного анализа и реализации принципов безопасного землепользования способствует своевременному выявлению и предотвращению дальнейшего формирования жилой застройки в пределах санитарных разрывов от железных дорог и ведет к усовершенствованию системы регулирования застройки городских и сельских поселений.

Настоящая работа выполнена при поддержке Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» инициативных научных работ, выполняемых студенческими научными коллективами.

Список литературы

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 №136-ФЗ // Справочно-правовая система «Консультант-плюс»: [Электронный ресурс] / Компания «Консультант-плюс».
2. Гражданский кодекс Российской Федерации от 30 ноября 1994 года № 51-ФЗ // Справочно-правовая система «Консультант-плюс»: [Электронный ресурс] / Компания «Консультант-плюс».
3. Гарбук С.В. Задачи нормативно-технического регулирования интеллектуальных систем обработки данных дистанционного зондирования Земли / С.В. Гарбук // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2022. – Т. 19. №1. – С. 107–122.
4. Роскосмос поставляет космические снимки для единого информационного ресурса о земле и недвижимости – URL: <https://russianspacesystems.ru/2022/07/06/roskosmos-postavlyaet-kosmicheskie-snimki/> (дата обращения: 19.10.2022). – Текст: электронный.
5. Коробицына Е.С., Демидова П.М. Интеграция методов интеллектуального анализа в геопространственную базу данных земельных участков для оценки перспектив развития территорий / Е.С. Коробицына, П.М. Демидова // Инновационные технологии в строительстве и управление техническим состоянием инфраструктуры. труды III Всероссийской национальной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Ростов-на-Дону. – 2021. – С. 53-58.

Контактная информация:

Рыбкина Алина Михайловна – кан. тех. наук, доц.; alina_rybkina@mail.ru
Гузыгин Денис Андреевич – студент; guzygind@inbox.ru
Энна Алина Юрьевна – студент; miku_kkk@mail.ru
Кузьмина Елена Сергеевна – студент; black.missouri@mail.ru

Author's information:

Alina M. Rybkina – PhD. Eng. Sci, Associate Professor; alina_rybkina@mail.ru
Denis A. Guzygin – Student; guzygind@inbox.ru
Alina Y. Enna – Student; miku_kkk@mail.ru
Elena S. Kuzmina – Student; black.missouri@mail.ru

УДК 625.17

Андреев А. В.

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Санкт-Петербург

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗВЫШЕНИЯ НАРУЖНОГО РЕЛЬСА. ИСТОРИЯ ВОПРОСА

В статье дается краткий экскурс в историю определения возвышения наружного рельса, начиная с 90-х годов XIX века и заканчивая началом XXI века. В частности, поэтапно рассказывается о том, как появились два основополагающих условия, исходя из которых производится определение возвышения наружного рельса; показывается связь зарубежного и отечественного опыта расчета возвышения; демонстрируются расчетные формулы, по которым в тот или иной промежуток времени рассчитывались возвышения. В конце экскурсии рассказывается о нормативных документах, которые сейчас регламентируют расчет возвышения.

Ключевые слова: возвышение наружного рельса, непогашенное ускорение, вертикальный износ, допустимая скорость поездов

A. V. Andreyev

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg

DETERMINATION OF THE HEIGHT OF THE OUTER RAIL. BACKGROUND OF THE ISSUE

The article gives a brief digression into the history of determining the elevation of the outer rail, starting from the 90s of the XIX century and ending with the beginning of the XX century. In particular, it is described step by step how two fundamental conditions appeared, based on which the elevation of the outer rail is determined; the connection between foreign and domestic experience in calculating elevation is shown; calculation formulas are demonstrated, according to which elevations were calculated at one time or another. At the end of the excursion, we talk about the regulatory documents that now regulate the calculation of elevation.

Keywords: elevation of the outer rail, outstanding acceleration, vertical wear, permissible speed of trains

Определение возвышения на рубеже XIX-XX века

Вопросы определения возвышения наружного рельса в нашей стране поднимались еще на стыке XIX-XX века.

В труде А. Л. Васютынского, опубликованном в трудах XV совещательного съезда инженеров службы пути русских железных дорог, состоявшегося в 1897

году, были рассмотрены принципы определения возвышения наружного рельса в Европе. Возвышение определялось по следующей формуле:

$$h = \frac{S \cdot V^2}{g \cdot R}, \quad (1)$$

где S – ширина колеи, м;
 V – скорость движения, м/с;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 R – радиус кривой, м.

В книге Циглинского К.Ю. «Железнодорожный путь в кривых» [1] (1903 г.) возвышение наружного рельса определялось на основе равенства центробежной и центростремительной силы.

$$h = \frac{12,6 \cdot V^2}{R}, \quad (2)$$

где h – возвышение наружного рельса, мм;
 V – скорость движения, м/с;
 R – радиус кривой, м.

В 1910 г. съезд инженеров службы пути [2], заслушав доклад А.Л. Васютынского, постановил:

1) В кривых наружный рельс должен быть выше внутреннего в зависимости от радиуса кривой, скорости движения и других условий так, чтобы нагрузки распределялись между рельсами равномерно;

2) Возвышение наружного рельса в кривой должно составлять не более 130 мм;

3) На станционных и главных путях для определения возвышения (в тысячных долях сажени) по условиям безопасности движения, рекомендовалось применять следующую формулу:

$$h = \frac{3 \cdot V^2}{R}, \quad (3)$$

где V – скорость движения, верста;
 R – радиус кривой, сажень.

Определение возвышения наружного рельса из условия равномерного износа рельса

Определение возвышения наружного рельса по формулам (2) и (3) учитывает равномерный износ рельсов. Обеспечение одинакового вертикального износа и осадки обеих рельсовых нитей требует, чтобы сумма нормальных давлений на наружную нить (или нормальных реакций E_n) от всех

колес всех поездов, обращающихся по данной кривой в течение принятого отрезка времени, равнялась сумме нормальных давлений от тех же поездов на внутреннюю нить (или ее нормальных реакций E_B).

Известный советский ученый Ершков О.П. и его ученики во второй половине XX века занимались оптимизацией возвышения наружного рельса. Для определения возвышения наружного рельса для рельсовой колеи 1520 мм предлагалось пользоваться следующей формулой:

$$h = 12,5 \cdot k \cdot \frac{V_{\text{ср.}}^2}{R}, \quad (4)$$

где k – коэффициент учета смещения центра тяжести экипажа относительно середины колеи, зависящий от максимальной скорости, развиваемой поездами в кривой;

$V_{\text{ср.}}$ – среднеквадратическая по тоннажу скорость движения поездов в кривой, км/ч;

R – радиус кривой, м.

Коэффициент учета смещения центра тяжести экипажа относительно середины колеи принимался в диапазоне от 1,0 до 1,2.

Среднеквадратическая по тоннажу скорость движения предлагалось определять по следующей формуле:

$$V_{\text{ср.}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot G_i \cdot V_i}{\sum_{i=1}^n N_i \cdot G_i}}, \quad (5)$$

где N_i – количество поездов в сутки той или иной категории (скорых, пассажирских, грузовых и др.);

G_i – вес поезда соответствующей категории, т;

V_i – скорость движения поездов соответствующей категории, км/ч.

Также вопросам определения возвышения наружного рельса большое внимание уделял профессор Амелин С. В. В своей книге [3] он предложил учитывать при расчете возвышения, кроме всего прочего, величину Δh (дополнительное возвышение, учитывающее влияние различных сил на рельсовые нити в кривом участке), основываясь на исследованиях профессора Г. М. Шахунянца. Такой многофакторный анализ учитывал бы влияние силы тяги и сопротивления движения поездов, влияние эксцентриситетов расположения колесных пар в колее, влияние силы ветра, а также такой анализ позволял бы учитывать не только вертикальный износ, но и другие виды износов рельсов (к примеру, боковой износ).

Определение возвышения наружного рельса из условия комфортабельности езды

Учет комфортабельности езды при определении возвышения наружного рельса исследовался, начиная с 20х годов XX века. К примеру, Артур Ловат Хиггинс, в своей работе [4], изданной в 1921 г. пишет о том, что скорость изменения ускорения (непогашенное ускорение), при котором человек ощущает себя комфортно, должна составлять $0,3 \text{ м/с}^2$.

В 1937 году Фогель в своем научном труде [5] говорит, что при непогашенном ускорении, равном $0,4 \text{ м/с}^2$, пассажир, находящийся в поезде на перегоне ничего не ощущает. Говоря о стрелочных переводах, он называет комфортной для человека величиной непогашенным ускорения равной $0,65 \text{ м/с}^2$.

В работе профессора В. И. Воячика [6] исследовалось поведение вестибулярного аппарата человека в кривой. Он говорил о том, что определенные величины нарастания скорости движения поездов вестибулярным аппаратом человека могут плохо переноситься.

На основе исследований профессора В. И. Воячика профессор Г. М. Шахунянец предложил учитывать комфортабельность езды при обустройстве кривых участков железнодорожной кривой.

На рубеже 50 – 60 годов XX века Шаройко В.С. и Курошвили А.Н., благодаря экспериментальным исследованиям, выяснили, что длительное и повторное непогашенное ускорения в диапазоне от $0,4 \text{ м/с}^2$ до $0,8 \text{ м/с}^2$ человеком переносится удовлетворительно [3]. На основе этих исследований было принято решение установить величину допустимого непогашенного ускорения на сети дорог СССР равной $0,7 \text{ м/с}^2$.

Также стоит упомянуть о том, что в книге Шахунянца Г.М. [7], датированной 1969 годом, пишется следующее: для того чтобы оградить пассажиров от чрезмерных горизонтальных поперечных ускорений (обеспечить комфортабельность езды) величины этих ускорений ограничивают. При этих ограничениях следующее неравенство должно выполняться:

$$\frac{S_1 \cdot V_{\min}^2}{g \cdot R} + S_1 \frac{a_{\text{в.}}}{g} \geq h \geq \frac{S_1 \cdot V_{\max}^2}{g \cdot R} + S_1 \frac{a_{\text{н.}}}{g}, \quad (6)$$

где V_{\min}, V_{\max} – минимальная и максимальная скорость движения, м/с;

$a_{\text{в.}}, a_{\text{н.}}$ – допускаемая величина непогашенной части ускорения, действующей на необрессоренную часть экипажа, и величина центробежного ускорения, м/с^2 .

Левая часть неравенства рассчитывается с учетом равенства минимальной скорости нулю. Т.е. рассматривается случай, при котором экипаж будет находиться в кривом участке пути неподвижно. В этом случае исходя из Инструкции по текущему содержанию пути 1959 года [8] возвышение не должно превышать

150 мм. Данное ограничение прописывается и в действующих нормативных документах.

Правая же часть неравенства при подставленные известных величин (в том числе непогашенного ускорения равного $0,7 \text{ м/с}^2$) принимает следующий вид:

$$h \geq 12,5 \frac{V_{\max}^2}{R} - 115, \text{ мм} \quad (7)$$

В формуле (7) 115 появляется при перемножении $0,7 \text{ м/с}^2$ и 163 мм. Величина в 163 мм была получена эмпирически и учитывает комфортность пассажиров при проезде поезда в кривой.

Отсюда непогашенное ускорение, которое будет обеспечиваться при том или иной скорости, определяется по формуле:

$$a_{\text{нп.}} = \frac{V^2}{13R} - 0,00613h \quad (8)$$

К концу XX века силами ученых ВНИИЖТа Ромена Ю.С., Певзнера В.О., Космина А. В. и других было доказано, что рациональный уровень силового воздействия на путь грузового подвижного состава обеспечивается при его движении по кривым с непогашенным ускорением в границах $\pm 0,3 \text{ м/с}^2$. Исходя из этого неравенство (9) для рационального грузового движения принимает следующий вид:

$$12,5 \frac{V_{\min}^2}{R} + 50 \geq h \geq 12,5 \frac{V_{\max}^2}{R} - 50, \quad (9)$$

В дальнейшем ученые ВНИИЖТа продолжали исследовать вопросы возвышения наружного рельса, в частности, исследовали влияние эксплуатационных факторов на уширение колеи и непогашенное ускорение.

Определение возвышения наружного рельса в XXI веке

На сегодняшний день возвышение наружного рельса для путей общего пользования определяется исходя из Руководства [9] вступившего в силу в 2009 году.

В 2022 году в статье «Новые документы по устройству и содержанию кривых участков пути» [10] было уделено большое внимание двум недавно вышедшим нормативным документам «Руководству по определению возвышения наружного рельса в кривых» [11] для опытного применения и «Инструкции, определяющей единый порядок устройства и содержания кривых участков пути на стадиях проектирования и эксплуатации с целью минимизации расстройств и износов верхнего строения пути» [12]. В Руководстве, в частности, представляются алгоритмы расчета для различных условий эксплуатации (преимущест-

венно грузовое и преимущественно пассажирское движение). Расчет возвышения наружного рельса предлагается производить с использованием допустимых и допустимых скоростей.

В Руководстве величина возвышения определяется из условия обеспечения движения грузовых поездов с допустимой скоростью при непогашенном ускорении 0 м/с^2 .

К примеру, для участков преимущественно грузового движения при условии движения с непогашенным ускорением $a_{\text{нп}} = 0 \text{ м/с}^2$ возвышение предлагается определять по формуле (10):

$$h = 12,5 \frac{V_{\text{допуст.гр.}}^2}{R}, \quad (10)$$

где $V_{\text{допуст.гр.}}$ – допустимая скорость движения грузового подвижного состава, км/ч;

На участках преимущественно пассажирского движения величины возвышения предлагается определять по формуле:

$$h = 12,5 \frac{V_{\text{допуст.п.}}^2}{R} - 100, \quad (11)$$

где $V_{\text{допуст.п.}}$ – допустимая скорость движения пассажирского подвижного состава, км/ч;

100 – произведение 163 и $0,6 \text{ м/с}^2$, мм.

Величины допустимых скоростей в формулах даются в Руководстве [11].

Список литературы

1. Цеглинский К. Железнодорожный путь в кривых. Исследование оснований устройства и условий работы пути в связи с особенностями криволинейного движения поездов / К. Цеглинский, 1903. – 161 с.
2. Совещательные съезды инженеров пути русских железных дорог / [ред. совет: В. Н. Сазонов (пред.), Е. И. Кушнаренок, С. А. Пашинин]. – М. : Путь Арт, 2005 – Саранск : ГУП РМ Респ. тип. Красный Октябрь. – Т1. – 516 с.
3. Путь и путевое хозяйство / С. В. Амелин, Л. М. Дановский; Под ред. заслуж. деят. науки и техники РСФСР д-ра техн. наук проф. С. В. Амелина. - 3-е изд., перераб. - Москва : Транспорт, 1972. – 216 с.
4. Arthur Lovat Higgins. The transition spiral and its introduction to railway curves with field exercises in construction and alignment. London, 1921.
5. VOGEL. Grenzen der Oberhöhung in Gleisbogen. «Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens». 1937, N 3.
6. Военная отоларингология / В. И. Воячек – 3-е изд. – М: Медгиз, 1946. – 384 с.
7. Железнодорожный путь / Г. М. Шахунянц.– (2-е изд., перераб. и доп.). –М.: Транспорт, 1969. –536 с.
8. Инструкция по текущему содержанию пути //Трансжелдориздат.– 1959.

9. Временное руководство по определению возвышения наружного рельса и допускаемых скоростей движения в кривых: ЦПТ-44/17, утв. ОАО «РЖД» 22.08.2009.

10. Певзнер В.О. Новые нормативы по устройству и содержанию кривых участков пути / Певзнер В.О., Ваганова О.Н., Сидорова Е.А. // Путь и путевое хозяйство. – 2022. – №3. – С. 2-5.

11. Руководство по определению возвышения наружного рельса в кривых на основе двухуровневой системы скоростей, утвержденное распоряжением ОАО «РЖД» от 20.12.2021 №2897/р.

12. Инструкция, определяющая единый порядок устройства и содержания кривых участков пути на стадиях проектирования и эксплуатации с целью минимизации расстройств и износов верхнего строения пути, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 24.01.2022 №131/р.

Контактная информация:

Андреев Андрей Владимирович – ст. преподаватель; oddman@bk.ru

Author's information:

Andrey V. Andreyev – Senior Lecturer; oddman@bk.ru

ИЗЫСКАНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 625.111

Бушуев Н.С., Шкурников С.В., Булакаева О.С.

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Санкт-Петербург

ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ – ВЗГЛЯД НА РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В БУДУЩЕМ

В статье рассматривается история развития кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС). Кафедра уникальна в своем роде, является единственной сохранившей свое первоначальное обличье среди прочих родственных кафедр других транспортных вузов России. Одновременно с развитием кафедры происходит и становление науки изысканий и проектирования железных дорог. Под влиянием или при непосредственном участии сотрудников кафедры удалось решить множество научно-технических задач железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: изыскания и проектирование железных дорог, ЛИИЖТ, история железнодорожного транспорта, кафедры ПГУПС

N.S. Bushuev, S.V. Shkurnikov, O.S. Bulakaeva

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg

RAILWAY SURVEYS AND DESIGN – A LOOK AT THE DEVELOPMENT OF RAILWAY TRANSPORT IN THE FUTURE

The article discusses the history of the development of the Department of "Research and Design of Railways" of the Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PSTU). The department is unique in its kind and is the only one that has preserved its original appearance among other related departments of other transport universities in Russia. Simultaneously with the development of the department, the science of railway research and design is also being established. Under the influence or with the direct participation of the department staff, many scientific and technical problems of railway transport were solved.

Keywords: research and design of railways, LIIZhT, history of railway transport, departments of PSTU

Изыскание и проектирование железных дорог – наука, изучающая теоретические основы и практические способы разработки проектов новых и реконструкции эксплуатируемых железных дорог. Как отдельный предмет она появилась в 1835 г. и входила в состав «Курса построений», преобразованного в

1842 г. в «Курс строительного искусства», читаемого с 1865 г. – на кафедре «Сухопутные сообщения», с 1882 г. – на кафедре «Построение и эксплуатация железных дорог», а с 1896 г. – на кафедре «Железные дороги».

В 1924 г. кафедра «Железные дороги» была разделена на ряд самостоятельных кафедр, в числе которых появилась и кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог».

Первый заведующий кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог» Валериан Орестович Вяземский окончил Институт инженеров путей сообщения в 1894 году и до осени 1917 года работал на изысканиях и строительстве железных дорог, в том числе Великого Сибирского пути и начальником партии по изысканиям мостового перехода через реку Амур возле Хабаровска. 1 октября 1917 года он начал педагогическую работу в Институте инженеров путей сообщения по курсу «Изыскания и проектирование железных дорог». В 1918 г. он защитил диссертацию «Пропускная способность паровозных однопутных железных дорог» и с этого времени работал на кафедре «Железные дороги», а после её разделения возглавил кафедру «Изыскания и проектирование железных дорог». 22 декабря 1924 года Валериан Орестович скончался и был похоронен на Новодевичьем кладбище Санкт-Петербурга. Профессор В.О. Вяземский является автором ряда научных работ по изысканиям и постройке железных дорог.

В 1925 году на посту заведующего кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог» его сменил профессор института Константин Николаевич Кашкин – видный специалист в области экономики проектирования железных дорог.

Профессор Кашкин родился в 1866 году. Он окончил Московский Государственный университет в 1888 году со степенью кандидата физико-математических наук и в 1891 году – Институт инженеров путей сообщения. С этого времени много работал на изысканиях и постройке железных дорог, в том числе занимался переустройством Великого Сибирского пути в 1906-1911 годах, линии Новониколаевск – Семипалатинск. Позднее он был переведен в Управление строительством железных дорог Министерства путей сообщения.

С 1923 года К.Н. Кашкин работал в Институте инженеров путей сообщения. Он является автором множества научных работ, в том числе фундаментального курса (учебник) «Экономика изысканий» 1923 и 1928 годов издания. Весьма оригинальной является его «Вступительная лекция к курсу «Изыскания и проектирование железных дорог».

Профессор Кашкин трудился в институте до конца 1930 года, когда его необоснованно арестовали. Пять лет (1933-1938) он проработал в БАМлаге, в 1938 году был досрочно освобождён, скончался после непродолжительной болезни осенью 1939 года.

В 1928 году во главе кафедры стал инженер путей сообщения, профессор института Дмитрий Алексеевич Попов, а в 1931 году заведующим кафедрой

был назначен профессор Александр Васильевич Горинов, впоследствии член-корреспондент АН СССР. Он работал в ЛИИЖТе по совместительству (с перерывом в 1942-1943 годах) до 1948 года.

С 1948 года кафедру возглавлял инженер путей сообщения Сергей Амирович Орбелианц – видный изыскатель ряда железных дорог. В 1911 г. он окончил Тбилисское реальное училище и в том же году поступил в Петербургский институт инженеров путей сообщения, который закончил в 1921 г. В период 1913-1918 гг. работал в должностях техника, старшего техника, пом. начальника отряда, старшего инженера. В последующем работал уже в должностях начальника партии, начальника титула, начальника экспедиции, всего на 23-х линиях.

В 1932 г. он был зачислен ассистентом на кафедру «Изыскания и проектирование железных дорог» ЛИИЖТа. В 1933 г. С.А. Орбелианц был утвержден доцентом кафедры, а в 1935 г. – заместителем заведующего кафедрой. Одновременно он работал доцентом, а затем заведующим кафедрой в военно-транспортной академии до 1937 г.

В 1936 г. им защищена кандидатская диссертация «Анализ весовых норм составов грузовых поездов и работа с тяжеловесными составами», а в 1941 г. – докторская «Неиспользованные резервы однопутных железных дорог».

В 1942 г. Орбелианц был назначен заместителем начальника Днепропетровского института инженеров транспорта (ДИИТ) по учебной и научной работе и заведующим кафедрой проектирования и постройки железных дорог. После возвращения ДИИТа из эвакуации в Новосибирск в 1945 г. он был откомандирован в ЛИИЖТ. Здесь он работал профессором и заведующим кафедрой до 1964 г., когда по состоянию здоровья оставил заведование.

В 1964 г. его сменил на этом посту инженер путей сообщения профессор Михаил Иванович Воронин.

Человек весьма многогранный, М.И. Воронин вел разностороннюю научно-исследовательскую работу, главным образом в области повышения скорости движения поездов и истории науки и техники. Его перу принадлежат многочисленные монографии, посвященные выдающимся деятелям транспортной науки П.П. Мельникову, С.В. Кербедзу, Герстнеру, труды по истории науки и техники. Под его руководством велась большая научно-просветительская работа по линии национального объединения историков науки и техники, он выступал на международных конференциях и внутри страны, активно пропагандировал лучшие традиции российских инженеров путей сообщения. Его усилиями на кафедре сформировалось новое научное направление – исследования по истории транспортной науки. В фундаментальном труде «История железнодорожного транспорта России» (том 1), изданном в 1994 году, 11 глав написаны сотрудниками кафедры М.И. Ворониным, В.М. Петровым и Л.И. Корневым.

В 1985 году заведующим кафедрой по конкурсу был избран инженер путей сообщения доцент Владимир Макарович Петров.

Со времени зачисления на кафедру проектирования в качестве аспиранта в 1964 г. В.М. Петров, обладая такими качествами, как инициативность, деловитость, безотказность и разумность в выполнении поручений, контактность и доброжелательность в общении с людьми, умение ориентироваться в обстановке, складывающейся в организации, и в решении вопросов и проблем с учетом мнения руководителей и исполнителей, он до заведования кафедрой поработал в институте ответственным секретарём приемной комиссии, секретарем Ученого Совета института, деканом иностранного факультета.

В результате деловых контактов с руководством Октябрьской железной дороги, ВНИИЖТа, Ленгипротранса его инициативы в решении крупных научных проблем по железнодорожному транспорту воспринимались положительно, и сам он привлекался к их решению. Так с его участием было принято решение о включении участка Ленинград – Москва, как головного, в проектируемую высокоскоростную магистраль Центр – Юг. Он был заместителем Генерального конструктора высокоскоростных железнодорожных магистралей, членом научного совета по Государственной научно-технической программе «Высокоскоростной экологически чистый транспорт».

В.М. Петровым написано около 100 научных работ по повышению скоростей движения поездов и по проектированию высокоскоростных магистралей, а также ряд учебных пособий.

В 1997 г. В.М. Петров перешел с кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» ЛИИЖТа в Управление Октябрьской железной дороги и в качестве Генерального директора возглавил «Центр новых проектов».

С 1997 по 1999 гг. исполняющим обязанности заведующего кафедрой был назначен инженер путей сообщения доцент Бушуев Николай Сергеевич.

В 1999 году заведующим кафедрой по конкурсу был избран инженер путей сообщения Евгений Степанович Свинцов, который в 2004 году защитил диссертацию на соискание степени доктора технических наук. В 2005 году ему было присвоено ученое звание профессора.

В 2010 году по конкурсу заведующим кафедрой был избран инженер путей сообщения доцент Шкурников Сергей Васильевич.

С самого начала своего существования кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог», наряду с учебно-воспитательной и методической работой, осуществляла тесную связь с производством, и ее научные исследования были связаны с потребностями развития железных дорог. В 20-е годы остро стоял вопрос о повышении мощности разрушенной в период революции и гражданской войны железнодорожной сети. К 1924 году восстановление железнодорожного транспорта в основном заканчивалось. Эта работа сопровождалась достройкой новых линий, начатых еще до революции, и сооружением сравнительно небольших ветвей, ведущих к районам с топливными и продовольственными ресурсами. Одновременно с этим разрабатывались первые планы развития сети железных дорог.

В этих работах принимали участие учёные кафедры. Так, строительство железной дороги Александров – Гай – Эмба длиной 560 км, начатое в 1920 году, осуществлялось по проекту с использованием материалов изысканий 1912-1916 года, выполненных под руководством К.Н. Кашкина и Л.А. Штукенберга. И не случайно профессор К.Н. Кашкин был назначен представителем Комитета государственного строительства ВСНХ и НКПС на этой магистрали.

В связи с необходимостью удешевления строительства и экономии эксплуатационных расходов К.Н. Кашкин публикует большое количество трудов, посвященных этой проблеме, Д.А. Попов издает книгу «О выборе руководящего подъема и размещении остановочных пунктов при проектировании железных дорог».

Профессор А.В. Горинов, возглавляя Транспортную комиссию АН СССР, разработал научные принципы классификации железных дорог, которые получили широкое признание и предопределили создание категории норм проектирования для новых линий. Профессором кафедры М.М. Протодьяконовым, который в составе кафедры работал в штате и по совместительству, в 1934 году так же был издан один из лучших учебников по проектированию железных дорог, а в 1937 году проф. А.В. Горинов опубликовал свой первый учебник по проектированию железных дорог, который выдержал 6 изданий.

Начиная с конца 60-х годов, кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог» под руководством профессора М.И. Воронина включилась в научные исследования по повышению скорости движения поездов в нашей стране. Вначале это были исследования, связанные с повышением скорости на линиях со сложным планом и профилем применительно к Мурманскому направлению Октябрьской железной дороги, затем научные исследования под руководством ВНИИЖТ МПС по проблеме сооружения высокоскоростной специализированной магистрали Москва – Юг.

В 1989 году была утверждена правительством государственная научно-техническая программа «Высокоскоростной экологически чистый транспорт», одним из трех основных направлений которой вновь стала железнодорожная магистраль «Центр – Юг». Задачей этой программы являлось создание системы и технических средств наземного рельсового транспорта для пассажирских перевозок со скоростью 350 км/ч. Она входила в перечень важнейших программ по приоритетным направлениям научно-технического прогресса, одобренных Советом Министров СССР (Постановление от 30 декабря 1988 г. №1474 «О государственных научно-технических программах»). 7 февраля 1989 года Государственный комитет СССР по науке и технике и Президиум Академии наук СССР приняли Постановление N 55/20 «О создании Научного совета по государственной научно-технической программе «Высокоскоростной экологически чистый транспорт». В составе этого Совета была представлена и кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог» ПГУПС (тогда ЛИИЖТ) в лице ее заведующего В.М. Петрова. В процессе работы по этой программе в 1988 году

по инициативе кафедры в состав направления Москва-Юг была включена и железнодорожная магистраль С.-Петербург-Москва как головной участок высокоскоростной железнодорожной магистрали С.-Петербург - Москва-Крым (Кавказ). Однако этим замыслам не суждено было сбыться.

В это же время кафедра принимает участие в целевых комплексных научно-технических программах «Ускорение» и «Прогресс». В разработке названных проблем участвует весь коллектив кафедры, которой поручено отдельное направление Москва-Рига. Преподаватель кафедры С.В. Шкурников защищает по теме исследований кандидатскую диссертацию. Весомый вклад в развитие методов повышения скорости движения поездов внес доцент Л.З. Прасов, подготовивший докторскую диссертацию, защитить которую он не успел.

Таким образом, на кафедре накоплен уникальный опыт по научному решению проблемы скорости на железнодорожном транспорте во всех ее аспектах.

За заслуги в развитии транспорта трое преподавателей кафедры удостоены правительственных наград: профессор М.И. Воронин, доценты Н. С. Бушуев и С. В. Шкурников за личный вклад в сооружение БАМа награждены медалью «За строительство Байкало-Амурской железнодорожной магистрали», а В. М. Петров – медалью ГДР «За заслуги в развитии транспорта» 1-й степени.

На кафедре защищено 6 докторских и 26 кандидатских диссертаций. Сотрудники кафедры активно публикуют свои научные работы, учебные пособия и методические указания, в том числе опубликованы 3 фундаментальных учебника: «Проектирование мостовых переходов на железных дорогах», «Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог» и «Основы проектирования, строительства и реконструкции железных дорог». Работы преподавателей публикуются как в нашей стране, так и за рубежом.

Большие задачи стоят перед кафедрой сегодня. Это переход на компьютерные технологии в обучении и научно-исследовательских работах, разработка новых научных основ и методик проектирования в новых экономических условиях, разработка принципиально новых экологически чистых проектных решений, включая новые виды транспорта, и в первую очередь высокоскоростного.

Начиная с 2002 года, у Университета возобновились отношения с Российским космическим агентством (Роскосмос) в области развития наземной космической инфраструктуры (железнодорожная составляющая), призванной обеспечивать безопасные космические старты на космодроме «Байконур», а затем – в связи со строительством новой российской космической гавани – на космодроме «Восточный». За успешную реализацию проектов по надлежащему содержанию железнодорожной инфраструктуры космодромов многие сотрудники кафедры имеют поощрения Роскосмоса и Федерации Космонавтики РФ.

Ярким примером работы кафедры в международной сфере является сотрудничество с железнодорожной корпорацией Федеративной Демократической Республики Эфиопия. В соответствии с меморандумом о сотрудничестве кафедра подготовила для Эфиопии 28 магистров, которые в настоящее время за-

нимают ключевые посты в железнодорожной корпорации. Были выполнены контракты по комплексной экспертизе проектов железнодорожного строительства, по разработке I этапа национальных железнодорожных стандартов.

В связи с принятым Постановлением Правительства РФ о строительстве участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч в 2014 г., кафедра возглавила разработку под этот проект Специальных технических условий, осуществила научное сопровождение разработки проектной документации.

В это же время сотрудникам кафедры было поручено методологическое сопровождение крупных инвестиционных проектов ОАО «РЖД» по усилению железнодорожных подходов к портам Дальнего Востока, Северо-Запада, Азово-Черноморского бассейна, в результате которого была достигнута существенная экономия денежных средств в строительстве.

В настоящее время, при участии специалистов кафедры, завершена разработка Специальных технических условий для проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург (ВСЖМ-1). Выполнен 1 этап научно-технического сопровождения инженерных изысканий для разработки проектной документации ВСЖМ-1.

Список литературы

1. Грязнов В.И. История кафедры изысканий и проектирования железных дорог Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС – ранее ЛИИЖТ) . К 75-летию кафедры . 1999 г. Санкт-Петербург.

2. Петров В.М. Изыскания и проектирование железных дорог – основа подготовки инженеров путей сообщения и научного обоснования и научного обоснования развития транспортной системы России / В.М. Петров // Инженер путей сообщения. Строительному факультету Петербургского государственного университета путей сообщения -75 лет. – Санкт-Петербург. – 1995. – С. 52-58.

Контактная информация:

Бушуев Николай Сергеевич – канд. тех. наук, проф.; 2009bushuev@rambler.ru

Шкурников Сергей Васильевич – кан. тех. наук, доц.; 3123810@mail.ru

Булакаева Ольга Сергеевна – кан. тех. наук, асс.; olya.morozova@gmail.ru

Author's information:

Nikolay S. Bushuyev – PhD Eng. Sci., Professor; 2009bushuev@rambler.ru

Sergey V. Shkurnikov – PhD. Eng. Sci, Associate Professor; 3123810@mail.ru

Olga. S. Bulakaeva – PhD. Eng. Sci, Assistant; olya.morozova@gmail.ru

УДК 625.111

Подвербный В.А., Холодов П.Н., Ковенькин Д.А., Филатов Е.В.
Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВОДОПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МАЛЫХ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ КРЕДО ГРИС_Т

На предпроектных этапах для выбора водопропускных сооружений на периодических водотоках применяется методика, включающая графические построения на графиках возможной водопропускной способности труб и мостов, с последующей проверкой конструктивных и гидравлических условий. Применение программы КРЕДО ГРИС_Т позволяет автоматизировать гидравлический расчет труб и малых мостов, наглядно представить режимы протекания водного потока в трубе и под мостом. Кроме того, в комплексе КРЕДО возможно выполнить расчет ливневого стока в программе ГРИС_С, при этом результаты расчета сохраняются в файлах типа Пикет_МАДИ.lst. Затем можно использовать значения стока при вероятности превышения 1 %. В статье предлагается на предпроектных этапах использовать полуавтоматизированную методику, исключающую ошибки при графическом определении максимального подпора по графикам водопропускной способности труб и мостов.

Ключевые слова: расчет водопропускной способности, малые искусственные сооружения, графики водопропускной способности труб и мостов, программа КРЕДО ГРИС_Т

V.A. Podverbnyy, P. N. Kholodov, D.A. Kovenkin, E.V. Filatov
Irkutsk State Transport University, Irkutsk

THE METHOD OF CALCULATING THE CULVERT ABILITIES OF SMALL ARTIFICIAL STRUCTURES USING THE PROGRAM CREDO GRIS_Т

At the pre-design stages, a technique is used to select culverts on periodic watercourses, including graphical constructions on graphs of the possible culvert capacity of pipes and bridges, followed by verification of structural and hydraulic conditions. Application of the CREDO GRIS program_Т allows you to automate the hydraulic calculation of pipes and small bridges, to visualize the flow modes of water flow in the pipe and under the bridge. In the CREDO complex, it is possible to perform the calculation of stormwater runoff in the GRIS_С program, while the calculation results are stored in files of the Picket_MADI.lst type. Then you can use the runoff values if the probability exceeds 1%. The article suggests using a semi-automated technique at the pre-design stages, which eliminates errors in the graphical determination of the maximum backstop according to the graphs of the culvert capacity of pipes and bridges.

Keywords: calculation of culvert capacity, small artificial structures, graphs of culvert capacity of pipes and bridges, CREDO GRIS_Т program

Введение

Выбор водопропускных сооружений является важной задачей при проектировании железнодорожной линии, так как на данном этапе проектирования закладываются основы её надежности и живучести [1, 2].

На предпроектном этапе допустимы приближенные методы расчета, при этом необходимо помнить о том, что надежная работа водопропускных сооружений в период пропуска максимальных расходов воды снижает вероятность частичных отказов постоянных устройств и сооружений железной дороги и повышает её эксплуатационную надежность [3, 4].

Кроме того, неизменным условием является обеспечение вариантного выбора трассы железнодорожной линии и водопропускных сооружений на трассе [5, 6].

Количество вариантов, оцениваемых проектировщиком, может быть значительным, и необходимо повышать точность расчетов и производительность работы проектировщика.

Задачи проектирования продольного и поперечного водоотвода при проектной подготовке строительства и реконструкции железных дорог и скоростных магистралей занимают много времени в практике проектирования и заслуживают внимания [7, 8].

Расчет водопропускной способности малых искусственных сооружений в программе КРЕДО ГРИС_Т

КРЕДО ГРИС_Т – это комплекс расчетных программ, позволяющий рассчитать пропускную способность малых искусственных сооружений: «гладкой» круглой трубы, «гладкой» прямоугольной трубы, гофрированной трубы различного сечения, малого моста [9].

Под «гладкой» трубой подразумеваются стальные, железобетонные и бетонные трубы.

Расчетами определяются следующие гидрологические характеристики:

- режим работы сооружения;
- подпор воды перед сооружением;
- глубина воды на выходе или в расчетном сечении;
- скорость воды на выходе или в расчетном сечении;
- минимально допустимая высота земляного полотна (для новых сооружений);
- при расчетах с учетом аккумуляции к этим данным добавляются величина коэффициента аккумуляции, сбросной расход в сооружении [9].

В данной работе расчет водопропускной способности малых искусственных сооружений в программе КРЕДО ГРИС_Т выполнен по тестовому варианту трассы с руководящим уклоном 15 ‰ для первых по пикетажу семи ИССО.

Для этих бассейнов ранее были определены значения ливневых расходов 1%-ной вероятности превышения в программе ГРИС_С по формуле МА-ДИ/Союздорпроект.

В зависимости от режима протекания воды равнинные трубы (с уклоном лотка трубы не более 20 ‰) делятся на безнапорные, полунанпорные и напорные [10].

Наиболее неблагоприятными условиями работы трубы являются: переход от полунанпорного к напорному режиму и неустойчивый напорный режим, при котором в трубе возникает давление меньше атмосферного. В этих случаях возможен вынос грунта из тела земляного полотна через швы и трещины в трубе с последующей потерей несущей способности насыпи.

При использовании традиционной методики подбора ИССО на предпроектном этапе используются графики возможной водопропускной способности различных труб и малых мостов в зависимости от подпора воды перед сооружением $Q_{соор(возм)} = f(H)$ [11].

Пример такого графика для прямоугольных железобетонных труб приведен на рисунке 1.

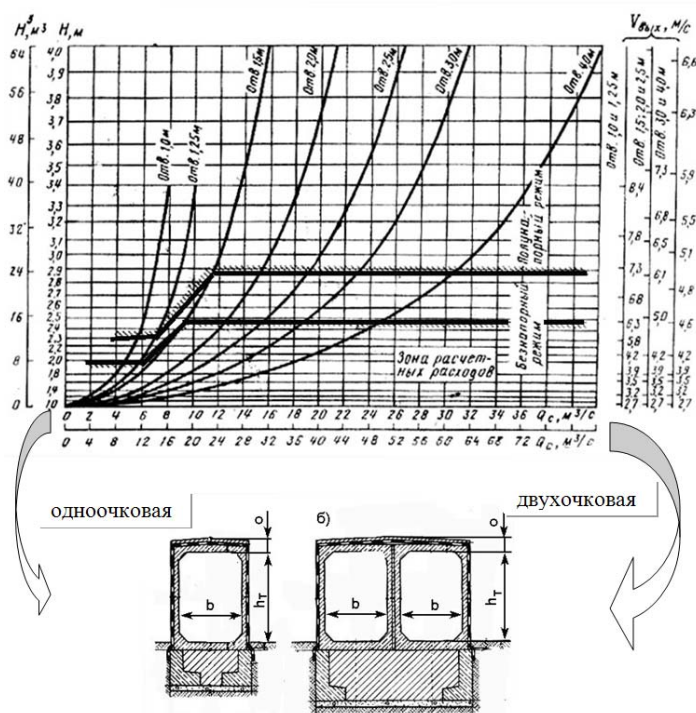


Рис. 1. Графики возможных водопропускных способностей $Q_{соор(возм)} = f(H)$ прямоугольных железобетонных труб (одно- и двухчковых) с раструбными оголовками:

b – отверстие трубы, м (ширина трубы в свету);
 ht – высота трубы в свету, м; δ – толщина свода трубы, м

Постановка задачи исследования

Необходимо сравнить водопропускные сооружения, выбранные с помощью программы ГРИС_Т, с теми, которые были подобраны в тех же логах по традиционной ручной методике с использованием графиков $Q_{соор(возм)} = f(H)$.

При этом следует выявить все преимущества и недостатки применения программы ГРИС_Т для выбора труб и малых мостов, и сделать вывод о целесообразности перехода на новую методику выбора ИССО с использованием программы ГРИС_Т.

Результаты сравнения двух расчетов

Итоговая таблица выбора ИССО по двум различным методикам приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Итоговая таблица выбора ИССО по двум различным методикам

Пикетаж	Определение графически по номограмме ливневых расходов		Определение в номограмме ГРИС_С по формуле МА-ДИ/Союзд орпроекта	Подбор ИССО по традиционной ручной методике с использованием графиков $Q_{соор(возм)} = f(H)$				Параметры ИССО того же типа, рассчитанные в программе ГРИС_Т	
	Расчетный расход притока, 1% ВП, $Q_{расчет}$, м ³ /с	Максимальный расход притока 0,33 % ВП Q_{max} , м ³ /с		Расчетный расход притока, 1% ВП $Q_{расчет}$, м ³ /с	Высота насыпи по оси ИССО, hn, м	Тип ИССО	Отверстие трубы (схема моста)	Напор воды перед ИССО при пропуске максимального расхода притока, Hmax, м	Отверстие трубы (схема моста)
0+00	11,2	15,6	11,79	4,00	КЖБТ	2х2,0	2,00	2х2,0	2,31
45+00	24,8	34,5	23,49	5,35	ПЖБТ	2х2,5	2,60	2х2,5	2,63
71+00	19,1	26,5	21,33	4,45	ПЖБТ	4,0	2,60	4,0	2,56
91+00	16,6	23,1	16,54	4,45	ПЖБТ	3,0	2,90	3,0	2,87
136+00	14,7	20,4	14,98	5,20	ПЖБТ	2,5	3,00	2,5	3,03
198+00	10,0	13,9	10,11	8,66	ПЖБТ	2,0	2,65	2,0	2,64
198+00	10,0	13,9	10,11	8,66	ЖБМ	–	–	9,0	1,00
248+50	6,5	9,0	6,84	6,11	КЖБТ	2,0	2,25	2,0	2,84

Таблица 1 показывает, что проектные решения, принятые по двум методикам, в целом, могут быть признаны близкими.

Внимание следует обратить на ИССО, размещенные на ПК 0+00, так как напор воды перед ИССО при пропуске максимального расхода притока на этом пикете по программе получился больше, чем по традиционной методике (2,31 м вместо 2,00 м), а также на ПК 248+50 по той же причине (подпор, рассчитанный по программе 2,84 м, что больше 2,25 м – определенных по графику).

Кроме того, в таблице 1 на ПК 198+00 решена дополнительная задача.

Вместо трубы ПЖБТ отв. 2,0, которая при максимальном расходе равном $13,9 \text{ м}^3/\text{с}$ дает подпор перед трубой 2,64 м, что требует сооружения водораздельной дамбы (расчет трубы показан на рисунке 2), была проведена вариантная попытка подбора железобетонного моста отверстием 9,0 м (в таблице 1 выделен серой заливкой), который дает подпор гораздо меньший 1,00 м и дамбы не требуется (расчет моста показан на рисунке 3).

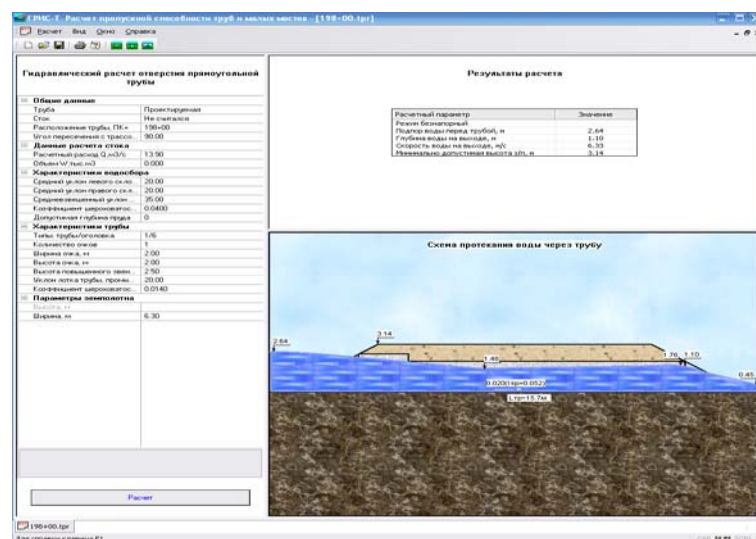


Рис. 2. Расчет трубы ПЖБТ отв. 2,0 м на ПК 198+00

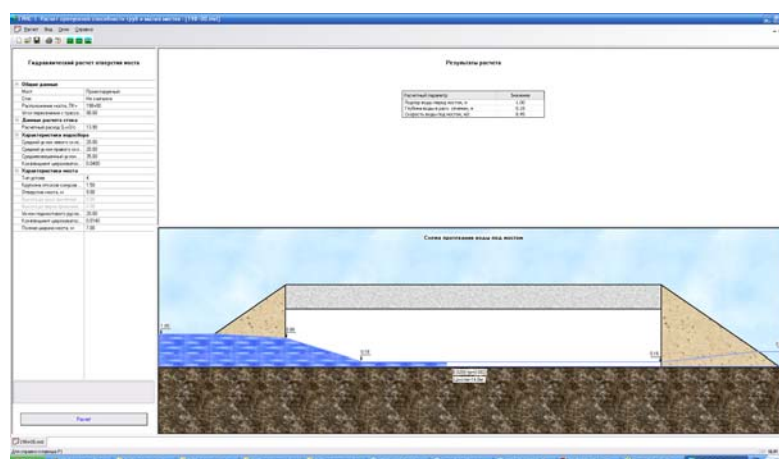


Рис. 3. Расчет ЖБМ отв. 9,0 м на ПК 198+00

Окончательное решение необходимо принимать, сравнивая все данные в плане и профиле, а также технико-экономические показатели ИССО.

Особенности расчета в программе ГРИС_Т

Если решать поставленные задачи без подготовки, то можно допустить ошибку.

Например, выбирая ливневый расход и указывая пикет трубы ПК 0+00, а также указав все необходимые параметры, ориентируясь на ранее подобранные вручную ИССО, вроде бы получается хорошее решение, но это решение «ошибочно».

Пример такого «ошибочного» решения представлен на рисунке 4.

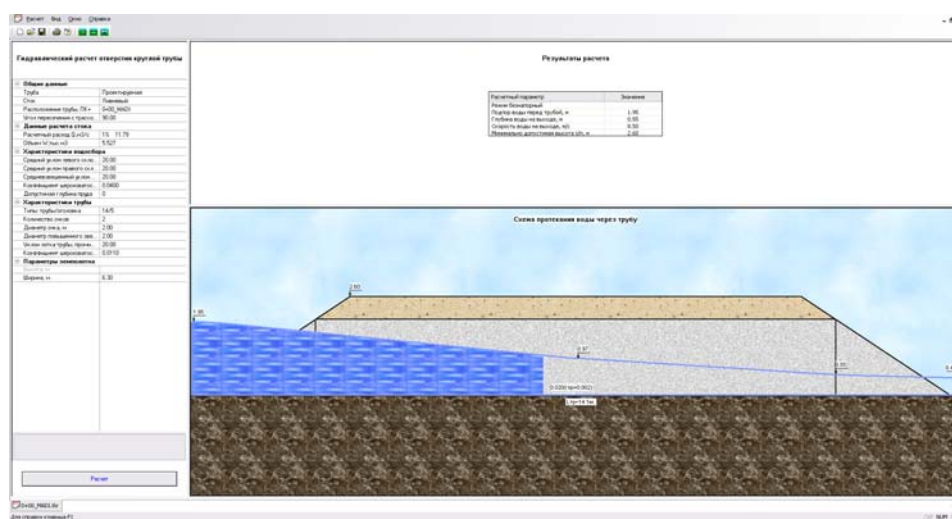


Рис. 4. Пример «ошибочного» расчета на ПК 0+00

Программа также выдаст и отчет по выполненному «ошибочному» расчету, который представлен на рисунке 5.

И в чем же здесь ошибка?

Ошибка заключается в том, что для инженера-проектировщика железных дорог важен максимальный подпор воды перед трубой. То есть подпор при пропуске максимального расхода. А программа ГРИС_С определяет только расход с вероятностью превышения равной 1%, или 0,1 %.

При проектировании железных дорог III категории расчетный расход – 1 %, а максимальный расход – 0,33 %.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КРУГЛОЙ ТРУБЫ

Исходные данные:

Расположение сооружения, ПК+	0+00 MAD
Труба	Проектируе
Вид стока	Ливневый
Расчетный расход Q, м ³ /с	11.79
Объем стока W, тыс.м ³	0.006
Средний уклон левого склона, промилль	20.00
Средний уклон правого склона, промилль	20.00
Средневзвешенный уклон лога, промилль	20.00
Коэффициент шероховатости русла	0.0400
Угол пересечения трубы с трассой, град.	90.00
Бытовая глубина, м.	0.47
Бытовая скорость, м/с.	1.06

Характеристики трубы:

Тип оголовка трубы	Раструбный
Количество очков трубы	2
Диаметр очка трубы, м	2.00
Ширина земполотна, м	6.30
Уклон трубы, промилль	20.00
Козф. шероховатости лотка трубы	0.0110

КЖБТ отв. 2 x 2,0 м

Результаты расчета:

Мах допустимая глубина пруда, м	
Подпор воды перед трубой, м	1.95
Глубина воды на выходе, м	0.55
Скорость воды на выходе, м/с	8.50
Минимально допустимая высота з/п, м	2.60

Рис. 5. Пример отчета в программе ГРИС_Т по определению пропускной способности круглой трубы на ПК 0+00 при «ошибочном» решении (при расходе 11,79 м³/с)

Следовательно, чтобы получить правильный максимальный подпор воды перед сооружением H_{max} и проконтролировать пятую гидравлическую проверку, необходимо в программе ГРИС_Т при задании ввести в третьей строчке «Вид стока – Не считался».

Тогда программа разрешит самостоятельно ввести значение расхода воды Q_{max} , на которые необходимо рассчитать трубу.

И теперь, в четвертую строчку ГРИС_Т необходимо ввести «Расчетный расход» – но, внимательно, надо ввести максимальный расход Q_{max} .

А если ранее использовалась программа ГРИС_С, то, чтобы получить максимальный расход Q_{max} , надо использовав соответствующий коэффициент для

перехода от 1% расхода к максимальному расходу 0,33 % вероятности превышения.

Так как ранее было показано, что погрешность расчета, выполненного по номограмме, по сравнению с расчетом, выполненным в программе ГРИС_С, не превышает 12 %, было признано возможным использовать значения максимального расхода притока 0,33 % вероятности превышения Q_{\max} , м³/с, определенные по традиционной методике, то есть – графически по номограмме ливневых расходов.

Пример правильного расчета на ПК 0+00 при $Q_{\max} = 15,6$ м³/с приведен на рисунке 6.

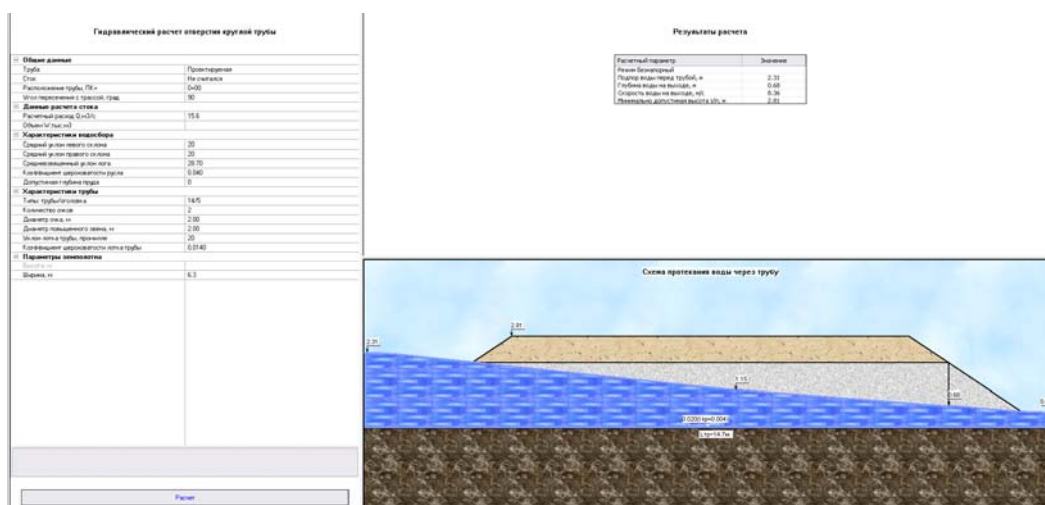


Рис. 6. Пример правильного расчета на ПК 0+00

А соответствующий ему правильный отчет – на рисунке 7.

Тип ИССО такой же, как и при «ошибочном» расчете – КЖБТ отв. 2х2,0 м, но теперь верно определен максимальный подпор воды перед сооружением $H_{\max} = 2,31$ м, что позволит проектировщику правильно проконтролировать выполнение пятой гидравлической проверки – возвышение бровки земляного полотна на 0,5 м над наивысшим уровнем подпертой воды при пропуске максимального расхода при работе трубы в безнапорном режиме.

Преимуществом программы ГРИС_Т является то, что она наглядно выдает поперечное сечение насыпи и трубы, а также рисует водный поток на подходе к трубе (при этом показывается отметка подпора воды), сжатие водного потока при входе в трубу, протекание потока в трубе и его выход через выходное отверстие трубы (см. рис. 6).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КРУГЛОЙ ТРУБЫ

Исходные данные:

Расположение сооружения, ПК+	0+00
Труба	Проектируемая
Вид стока	Не считался
Расчетный расход Q, м ³ /с	15.60
Объем стока W, тыс.м ³	0.000
Средний уклон левого склона, промилль	20.00
Средний уклон правого склона, промилль	20.00
Средневзвешенный уклон лога, промилль	28.70
Коэффициент шероховатости русла	0.0400
Угол пересечения трубы с трассой, град.	90.00
Бытовая глубина, м.	0.49
Бытовая скорость, м/с.	1.31

Характеристики трубы:

Тип оголовка трубы	Раструбный
Количество очков трубы	2
Диаметр очка трубы, м	2.00
Ширина земполотна, м	6.30
Уклон трубы, промилль	20.00
Козф. шероховатости лотка трубы	0.0140

КЖБТ отв. 2 x 2,0 м

Результаты расчета:

Мах допустимая глубина пруда, м	
Подпор воды перед трубой, м	2.31
Глубина воды на выходе, м	0.68
Скорость воды на выходе, м/с	8.36
Минимально допустимая высота з/п, м	2.81

Рис. 7. Пример отчета в программе ГРИС_Т по определению пропускной способности круглой трубы на ПК 0+00 при правильном решении (при расходе 15,60 м³/с)

В таблице отчета по расчету указывается и скорость воды на выходе (см. рис. 7).

Тем самым расчет, выполненный в программе ГРИС_Т, является наглядным и более точным, чем графическое определение по графикам возможной водопропускной способности трубы по традиционной методике.

Хотя есть и некоторые особенности, которые иногда трудно учесть.

Например, коэффициент шероховатости русла и коэффициент шероховатости лотка трубы.

Например, трудно записать их в учебном проекте, так как просто нет таких данных. Но не ввести их в программу тоже нельзя, расчет не будет выполнен.

Поэтому эти характеристики принимают одинаковыми для всех труб, ориентируясь на их всплывающие описания – «подсказки»:

- коэффициент шероховатости русла 0,0400 – земляные русла периодических водотоков в относительно благоприятных условиях;
- коэффициент шероховатости лотка трубы 0,0140 – среднее бетонирование.

Одним из преимуществ программы ГРИС_Т является то, что в ней может выполняться расчет с учетом аккумуляции. Эту особенность можно использовать в проектировании, и сравнивать типы и отверстия сооружений с учетом аккумуляции стока перед трубой в виде пруда, разумеется, с учетом запрета на аккумуляцию стока перед ИССО в районах с суровыми природными условиями, при которых могут образовываться наледи.

Следует отметить, что программа ГРИС_Т реагирует на невозможность подобрать трубу, если задано слишком маленькое отверстие.

Например, при расчете на ПК 45+00 на максимальный расход 34,5 м³/с был задан расчет трубы ПЖБТ отв. 1 x 2,5 м.

В результате программа выдала сообщение «Расчет НЕВОЗМОЖЕН!! Необходимо увеличить отверстие», что изображено на рисунке 8.

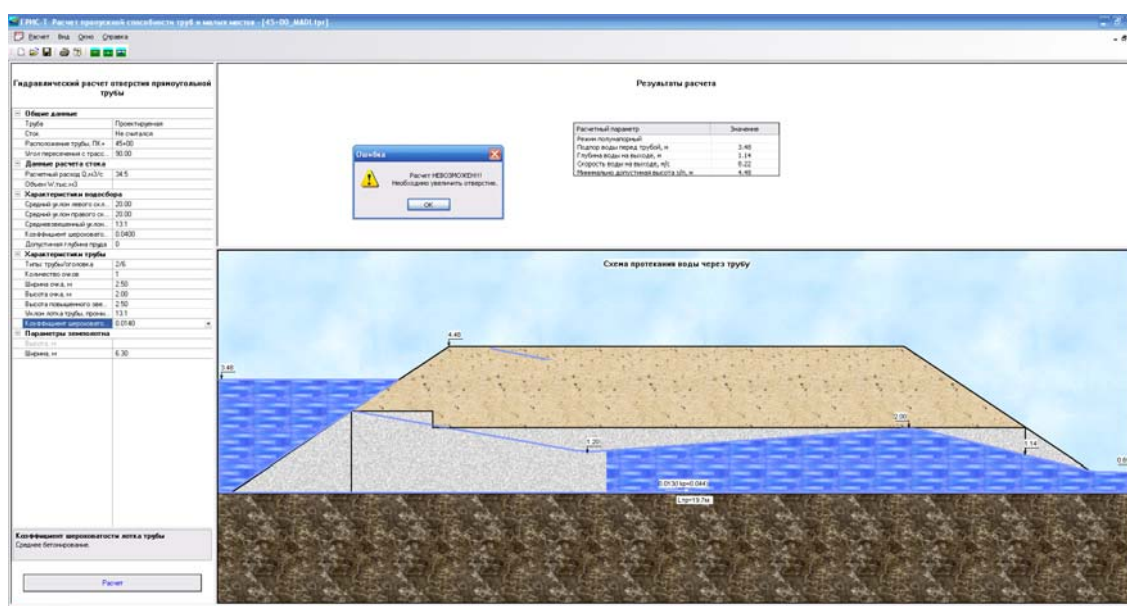


Рис. 8. Появление предупреждения о невозможности провести расчет при заданном небольшом отверстии трубы ПЖБТ 1 x 2,5 м

После того, как поправили ошибку ввода и набрали ПЖБТ отв. 2 x 2,5 м, расчет прошел успешно, как показано на рисунке 9.

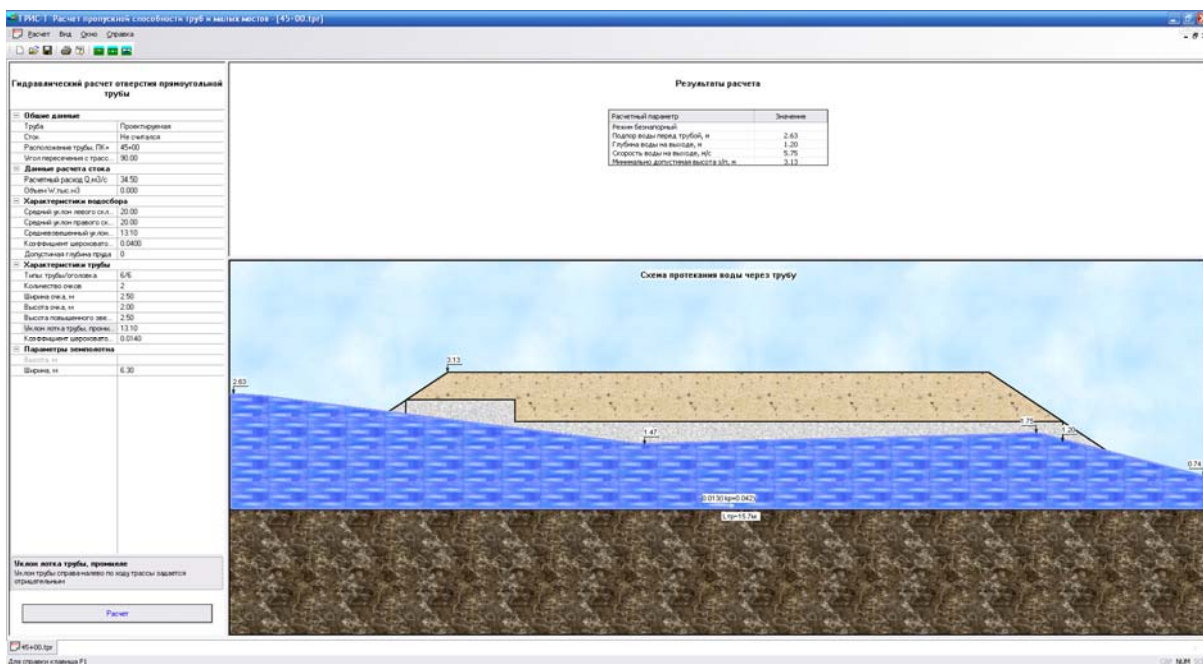


Рис. 9. Успешное завершение расчета при увеличенном отверстии трубы ПЖБТ отв. 2 x 2,5 м

Таким образом, было проведено исследование возможности расчета водопропускной способности малых искусственных сооружений в программе КРЕДО ГРИС_Т на предпроектной стадии, проведено сравнение с традиционной «ручной» методикой, использующей графические построения по графикам возможной водопропускной способности различных труб в зависимости от подпора воды перед трубой $Q_{соор(возм)} = f(H)$, и сформулированы предложения по применению полуавтоматизированной методики.

Следует подчеркнуть, что задача выбора водопропускного сооружения имеет большое значение на участках трассы, подверженных опасным инженерно-геологическим процессам [12, 13].

Заключение

В результате проведенного исследования были сделаны следующие выводы:

- для выбора водопропускных сооружений на периодических водотоках на предпроектной стадии применяется методика, включающая построения на графиках возможной водопропускной способности труб и мостов, с последующей проверкой конструктивных и гидравлических требований;
- применение программы КРЕДО ГРИС_Т позволяет автоматизировать гидравлический расчет труб и малых мостов, наглядно представить режимы протекания водного потока в трубе и под мостом;
- в комплексе КРЕДО есть программа ГРИС_С для расчета ливневого стока, при этом результаты расчета сохраняются в файлах типа Пикет_МАДИ.lst, из которых можно брать значения стока при вероятности 1%.

Поэтому рекомендуется следующая полуавтоматизированная методика:

– расчет стока 1 % вероятности превышения производится в программе ГРИС_С, тем самым исключаются ошибки графического определения по номограмме и ошибки расчета по программе СТОК (кроме ливневых районов 5 и 6 – где нет ошибок);

– используя переводные коэффициенты, рассчитывают максимальное значение расхода;

– вводят в программе ГРИС_Т полученное значение максимального расхода и, выбирая тип ИССО, получают максимальный подпор;

– далее проводят необходимые проверки, анализируют продольный профиль, наивысший уровень подпертых вод и делают окончательный вывод.

Такая методика исключает ошибки при графическом определении максимального подпора.

Список литературы

1. Гончарук С.М. Комплексный мониторинг технического состояния сооружений и устройств региональной сети железных дорог / С.М. Гончарук, В.С. Шварцфельд, А.Р. Едигарян // Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации транспортных объектов : Материалы Международной конференции. – Санкт-Петербург, 2003. – С. 42-44.

2. Шварцфельд В.С. Надежность и живучесть сети железных дорог / В.С. Шварцфельд // Проблемы развития сети железных дорог : Межвузовский сборник научных трудов; под ред. В.С. Шварцфельда. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2006. – С. 4–14.

3. Анисимов, Вл. А. Методика оценки эксплуатационной надежности железнодорожного участка / Вл. А. Анисимов, Н.С. Нестерова // Транспорт Урала. – 2016. – № 1 (48). – С. 35–40.

4. Подвербный В.А. Проектирование противолавинных сооружений на Восточно-Сибирской железной дороге / В.А. Подвербный, Е.В. Филатов, Б.П. Мухаров и др. // Особенности проектирования и строительства железных дорог в условиях Дальнего Востока : межвуз. сб. науч. тр.; под ред. В.С. Шварцфельда. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2009. – С. 245–255.

5. Vladimir A. Anisimov, Kseniia A. Malykh, Aleksandr V. Anisimov, Arkadii R. Edigarian. The Functional Models of System of the Automated Design of the Railroads on the Basis of Use of Three-dimensional Terrain Models // Procedia Engineering, Volume 165 (2016), pp. 1873-1879.

6. Подвербный В.А. Проектирование линии легкого рельсового транспорта по направлению «Аэропорт Иркутск–аэропорт Иркутск-Новый («Усть-Орда») / В.А. Подвербный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск: Изд-во ИрГУПС. – 2012. – № 1 (33). – С. 215–223.

7. Подвербный В.А. Проектирование скоростного пассажирского рельсового транспорта Иркутской агломерации / В.А. Подвербный, В.В. Казарина, О.В. Подвербная // Проектирование развития региональной сети железных дорог : сб. науч. тр. под ред. В.С. Шварцфельда. – Хабаровск : изд-во ДВГУПС, 2016. Вып. 4. – С.308–326.

8. Холодов П.Н. Расчет водоотводных и нагорных канав / П.Н. Холодов, В.А. Подвербный, Д.А. Ковенькин, Е.В. Филатов // Проектирование развития региональной сети железных дорог : сб. науч. тр. под ред. А.В. Никитина. – Хабаровск : изд-во ДВГУПС, 2020. Вып. 8. – С.45–56.

9. ГРИС_Т. Расчет пропускной способности малых искусственных сооружений: руководство пользователя. – Минск: Кредо-Диалог, 2015. – 31 с.

10. Копыленко В.А. Изыскания и проектирование железных дорог : учебник. – М.: ФГБУ ДПО «УМЦЖДТ», 2021. – 689 с.

11. Подвербный, В.А. Проект участка новой железнодорожной линии. Часть 5. Размещение водопропускных сооружений на периодических водотоках : учебное пособие по курсовому проектированию / В.А. Подвербный, В.В. Четвертнова. – Иркутск: ИрИИТ, 1999. – 133 с.

12. Подвербный В.А. Проектирование защитных сооружений на Восточно-Сибирской железной дороге / В.А. Подвербный, Е.В. Филатов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск: Изд-во ИрГУПС. – 2012. – № 1 (33). – С. 236–243.

13. Подвербный В.А. Выбор варианта проектного решения по укреплению от размыва песчаного откоса в полосе отвода железнодорожной линии на основе критерия многомерной нечеткой полезности / В.А. Подвербный, Е.О. Гераськина // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск: Изд-во ИрГУПС. – 2017. – № 2 (54). – С. 155–162.

Контактная информация:

Подвербный Вячеслав Анатольевич – д-р экон. наук, проф.; vpodverbniy@irgups.ru

Холодов Петр Николаевич – к.т.н., доцент; petruha@mail.ru

Ковенькин Дмитрий Александрович – к.т.н., доцент; kovenkin_da@irgups.ru

Филатов Евгений Валерьевич – к.т.н., доцент; filatov_ev@irgups.ru

Author's information:

Vyacheslav A. Podverbny – D. Eng. Sci., Professor; vpodverbniy@irgups.ru

Piotr N. Kholodov – PhD Eng. Sci., Associate Professor; petruha@mail.ru

Dmitry A. Kovenkin – PhD Eng. Sci., Associate Professor; kovenkin_da@irgups.ru

Evgeny V. Filatov – PhD Eng. Sci., Associate Professor; filatov_ev@irgups.ru

Подвербный В.А., Холодов П.Н., Ковенькин Д.А., Филатов Е.В.
Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск

РАСЧЕТ ЛИВНЕВОГО СТОКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА ПРЕДПРОЕКТНЫХ ЭТАПАХ

В работе рассмотрена задача расчета ливневого стока поверхностных вод на предпроектных этапах, когда допустимо использовать приближенные методики расчета. Такой методикой является метод Союздорпроекта, разработанный Б.Ф. Перевозниковым. Метод реализован в виде номограмм, но ручное графическое определение расходов по номограммам характеризуется неточностью и малопроизводительностью. Для повышения эффективности расчетов используют две программы. Установлено, что программа СТОК, разработанная Г.Г. Ивановым (МИИТ), может использоваться только для расчета в 5 и 6 ливневых районах. Программа КРЕДО ГРИС_С, реализует метод Союздорпроекта и кроме того результаты расчета могут экспортироваться в программу КРЕДО ГРИС_Т для гидравлического расчета труб и малых мостов. В статье для тестового примера определена погрешность расчета, выполненного вручную графически по номограмме ливневых расходов по сравнению с расчетом, выполненным в программе КРЕДО ГРИС_С. Погрешность не превысила 12 %.

Ключевые слова: сток поверхностных вод, номограмма для расчета ливневого стока, программа СТОК, программа КРЕДО ГРИС_С

V. A. Podverbnyy, P. N. Kholodov, D.A. Kovenkin, E.V. Filatov
Irkutsk State Transport University, Irkutsk

CALCULATING SURFACE WATER RUNOFF AT THE PRE-PROJECT STAGES

The paper considers the problem of calculating the stormwater runoff of surface waters at the pre-project stages, when it is permissible to use approximate calculation methods. Such a method is the Soyuzdorproject method developed by B.F. Perevoznikov. The method is implemented in the form of nomograms, but manual graphical determination of expenses by nomograms is characterized by inaccuracy and inefficient. Two programs are used to improve the efficiency of calculations. It is established that the RUNOFF program developed by G.G. Ivanov (MIIT) can be used only for calculation in 5 and 6 stormwater areas. The CREDO GRIS_C program implements the Soyuzdorproject method and in addition, the calculation results can be exported to the CREDO GRIS_T program for hydraulic calculation of pipes and small bridges. In the article, for a test example, the error of the calculation performed graphically by the nomogram of stormwater costs is determined in comparison with the calculation performed in the CREDO GRIS_C program. The error did not exceed 12%.

Keywords: surface water runoff, nomogram for calculating stormwater runoff, RUNOFF program, CREDO GRIS_C program

Введение

При проектировании железных дорог расчет стока поверхностных вод является важной задачей.

Вся вода, притекающая к земляному полотну, должна быть отведена к ближайшим искусственным сооружениям поперечного водоотвода, в резервы или пониженные места рельефа.

Для вписывания искусственных сооружений (ИССО) в рельеф местности с учетом рассчитанных расходов воды, притекающих к замыкающему створу, применяют системы автоматизированного проектирования железных дорог на основе трёхмерных моделей местности [1].

Значение правильного определения расходов поверхностного стока, являющихся важнейшими исходными параметрами для проектирования водопропускных ИССО, водоотводных и нагорных канав, защитных сооружений, таких как селеотводящие каналы, быстротоки, селеспуски и селеприемники чрезвычайно велико, так как позволяет обеспечить надежность земляного полотна, верхнего строения, и, в целом, железнодорожного пути [2–4].

Отказы постоянных устройств и сооружений инфраструктуры, вызванные переполнением и размывом сооружений продольного водоотвода, размывом и повреждением ИССО поперечного водоотвода, вынужденных работать в напорном режиме из-за неправильного определения величин расходов воды, снижают эксплуатационную надежность участка железной дороги [5].

В таких ситуациях приходится оценивать живучесть участка железной дороги, то есть его устойчивость против воздействия чрезмерных непредвиденных расходов воды, приводящих к нарушению работоспособности или повреждениям водопропускных ИССО [6].

Одним словом, при ошибочном определении расходов стока поверхностных вод происходит подтопление и размыв земляного полотна, деформации которого неизбежно приводят к росту неисправностей верхнего строения пути, и как следствие – к ограничению скоростей движения поездов, что негативно влияет на гармоничность этапов жизненного цикла железнодорожного пути [7].

Программа КРЕДО ГРИС_С

КРЕДО (CREDO) – это программный комплекс обработки инженерных изысканий, цифрового моделирования местности, проектирования автомобильных и железных дорог [8].

В комплексе КРЕДО реализована концепция информационного моделирования (BIM), позволяющая получить полноценную информационную модель объекта транспортной инфраструктуры, обеспечивая контроль принятых проектных решений на всех этапах жизненного цикла.

ГРИС является комплексом расчетных программ и включает две автономные программы: ГРИС_С и ГРИС_Т. Программы комплекса позволяют выпол-

нить расчет дождевых стоков и талых вод (ГРИС_С), а также рассчитать водопропускную способность труб и малых мостов (ГРИС_Т).

В программе ГРИС_С могут быть определены ливневые расходы:

- по формуле МАДИ/Союздорпроекта, в соответствии с работой [9];
- по редуцированной формуле II СП 33-101-2003[10];
- по формуле предельной интенсивности III СП 33-101-2003[10].

Расчетами определяются расходы для вероятностей превышения 0,1; 1; 2; 3; 5; 10; 25 %.

Ливневый расход $Q_{\text{л}}$, м³/с стока воды, притекающей с бассейна к водопропускному сооружению, определяется по формуле:

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \cdot a_{\text{расч.}} \cdot F \cdot \varphi \cdot a_{\text{скл.}} \cdot K_i \cdot K_f, \quad (1)$$

- где $a_{\text{расч.}}$ – расчетная интенсивность водоотдачи (интенсивность ливня часовой продолжительности), мм/мин;
- F – площадь бассейна, км²;
- φ – коэффициент полноты стока;
- $a_{\text{скл.}}$ – коэффициент склонового стока;
- K_i – коэффициент крутизны лога;
- K_f – коэффициент формы бассейна.

В программе реализован интерактивный режим. Например, тип формы бассейна, грунты поверхности бассейна выбираются из выпадающего списка, в котором описаны возможные варианты; номер ливневого района вводится с клавиатуры в виде целого числа в интервале 1–10, и, при необходимости, инженер-проектировщик открывает графическую карту-схему, на которой ливневые районы для наглядности окрашены различными цветами.

Расчеты стока по номограмме ливневых расходов

На предпроектной стадии при выборе водопропускных сооружений на периодических водотоках расходы воды заданных вероятностей превышения определяются по приближенному методу Союздорпроекта, разработанному Б.Ф. Перевозниковым [12, 13].

В статье рассматривается определение расходов только для дождевых паводков, так как в тестовом примере предполагается, что район проектирования расположен южнее пунктирной линии на карте изолиний элементарного модуля снегового стока. В районе преобладает ливневый сток, поэтому сток весеннего половодья можно не определять

Следовательно, необходимо выполнять расчет расходов дождевых паводков и затем подбирать водопропускное сооружение с выполнением всех гидравлических и конструктивных проверок.

Для выполнения расчетов по СП 33-101-2003 [10] необходимо подбирать изученные аналоги для постоянных водотоков. Это требование сложно выполнить для периодических водотоков.

Поэтому для расчета параметров ливневого стока для малых водопропускных сооружений на периодических водотоках разрешается выполнять расчет по инструкции ВСН 63-76 [9], в которой учитывается специфика малых бассейнов, примыкающих к дорогам.

Таким образом, расчеты максимальных расходов ливневого стока с бассейнов малой площади (до 100 км²) выполняют по инструкции ВСН 63-76.

Но для расчетов на стадии обоснования инвестиций в строительство, как было сказано выше, разрешается использовать методику Б.Ф. Перевозникова (метод Союздорпроекта) в соответствии с Пособием по гидравлическим расчетам малых водопропускных сооружений [12].

Максимальный расход стока дождевых паводков 1% вероятности превышения для водосборов с песчаными и супесчаными почвами определяют по номограмме в зависимости от площади водосбора и уклона главного лога. При этом учитывается, в каком именно ливневом районе расположен район проектирования железной дороги, а также определяется в какую группу климатических районов входит ливневый район.

Все пять исходных параметров: площадь водосбора, уклон главного лога, грунты на водосборе, ливневый район и группа климатических районов, позволяют графически определить сначала расход 1% вероятности превышения для песчаных и супесчаных почв, а затем с помощью коэффициентов и другие расходы.

На рисунке 1 приведен пример определения расчетного расхода $Q_{1\%} = 26 \text{ м}^3/\text{с}$ для бассейна площадью $F = 4,5 \text{ км}^2$ при уклоне главного лога $I = 23 \text{ ‰}$ по номограмме ливневых расходов 1 % вероятности превышения для ливневого района – 6, группы климатических районов – III (Красноярский край, Манский район).

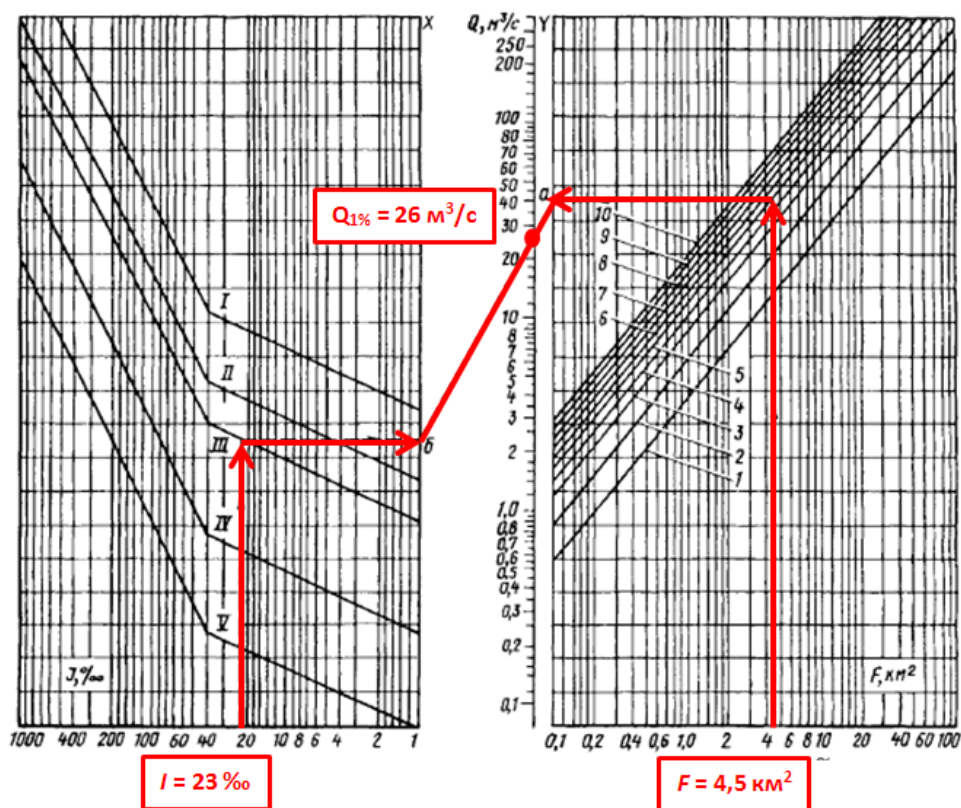


Рис. 1. Определение расчетного расхода $Q_{1\%} = 26 \text{ м}^3/\text{с}$

Таким образом, в тестовом примере при расчете стока была использована номограмма из приближенного метода Союздорпроекта.

Определение расходов по номограмме связано с большим числом графических построений, что снижает точность и эффективность расчетов.

Расчеты ливневого стока по программе СТОК.xls

В 1990 году в МИИТе на кафедре «Изыскания и проектирование железных дорог» доцентом Г.Г. Ивановым в MS Excel была создана программа СТОК.xls.

Следует отметить, что она даёт правильные результаты только для III группы климатических районов, так как в программу вкралась ошибка – группы климатических районов хотя и пронумерованы на легенде графика сверху вниз, но линии строятся наоборот.

Всё это приводит к ошибкам. Пример такой ошибки показан на рисунке 2.

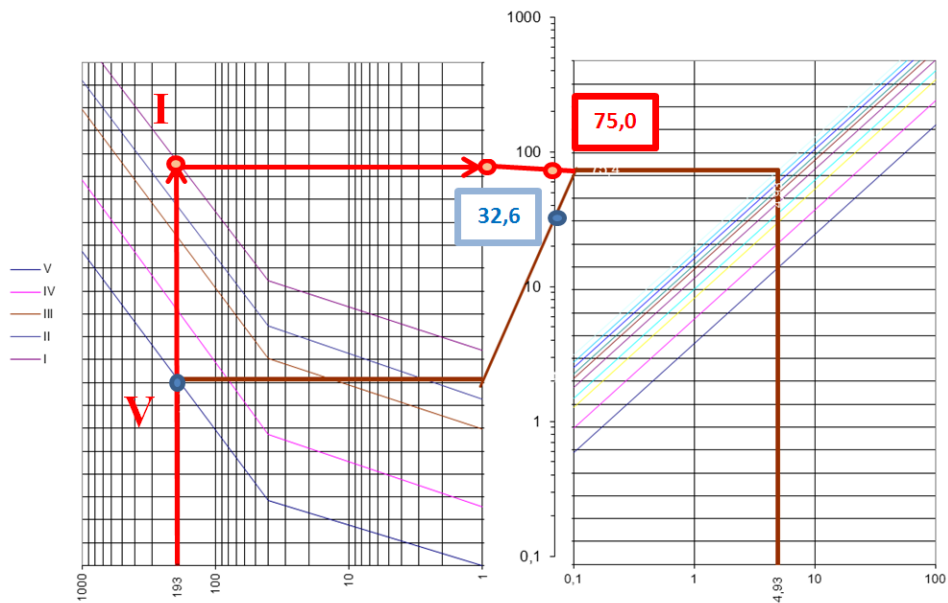


Рис. 2. Скриншот программы СТОК.xls; лист «Номограмма»

Например, в программе СТОК выполнен расчет для Приморского края (ливневый район – 10, группа климатических районов – I).

Расчетный расход по программе СТОК равен $Q_{\text{расчет.}} = 32,6 \text{ м}^3/\text{с}$, но в действительности по номограмме он должен быть в два раза больше $Q_{\text{расчет.}} = 75,0 \text{ м}^3/\text{с}$.

Следовательно, программой СТОК можно пользоваться без ошибок только для области, включающей 5-й и 6-й ливневые районы (рис. 3).

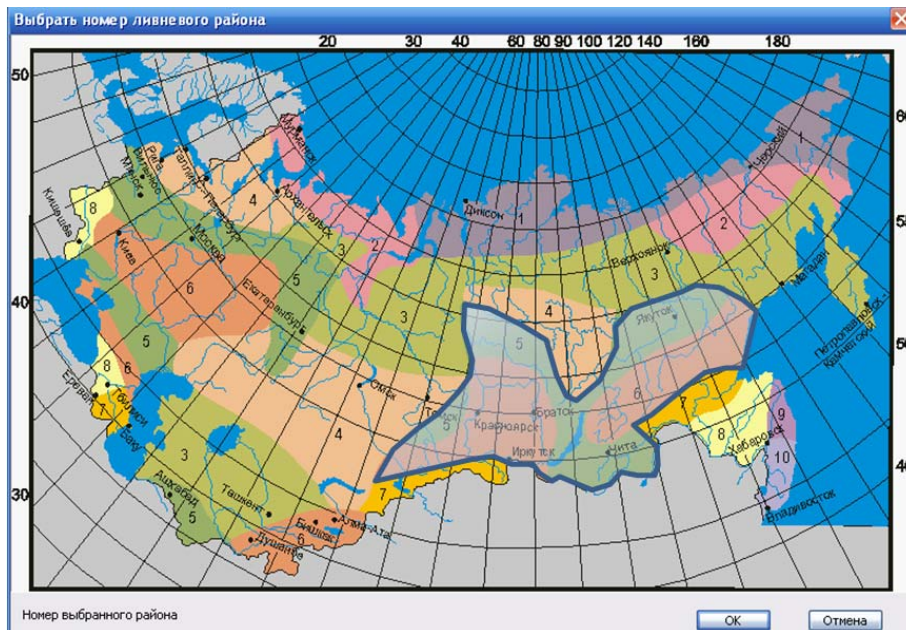


Рис. 3. Область рекомендуемого использования программы СТОК

Таким образом, ручное графическое определение по номограммам не отличается высокой точностью из-за погрешности графических построений, а использование программы СТОК возможно только в 5 и 6 ливневом районе.

Поэтому была поставлена задача сравнить расчеты расходов, выполненные для варианта тестового примера в программе ГРИС_С.

Программа ГРИС_С учитывает особенности склонового стока, так как учитывает форму бассейна. При расчете по номограмме ливневых расходов, такого учета нет.

Определение расчетного расхода в программе ГРИС_С

СП 33-101-2003 «Определение расчетных гидрологических характеристик» [10] рекомендует для малых водосборов использовать расчет ливневого стока, пользуясь принципом предельных интенсивностей.

Способом расчета, основанном на принципе предельных интенсивностей и дающем все необходимые характеристики ливневого стока, используемые в дорожном проектировании, является способ, разработанный в МАДИ и Ташкентском автомобильно-дорожном институте, в котором используются характеристики метеорологических факторов стока, установленные Союздорпроектом.

Этот способ расчета со всеми необходимыми для его применения данными приведен в книге по проектированию автомобильных дорог [11].

По этим данным и составлен расчет в программе ГРИС_С.

В соответствии с методикой расчета, на исходные данные наложено ограничение по площади водосбора до 100 км².

Исходные данные вводятся либо непосредственно с клавиатуры, либо при помощи стандартных элементов Windows.

На рисунке 4 показан результат расчета на ПК 0+00.

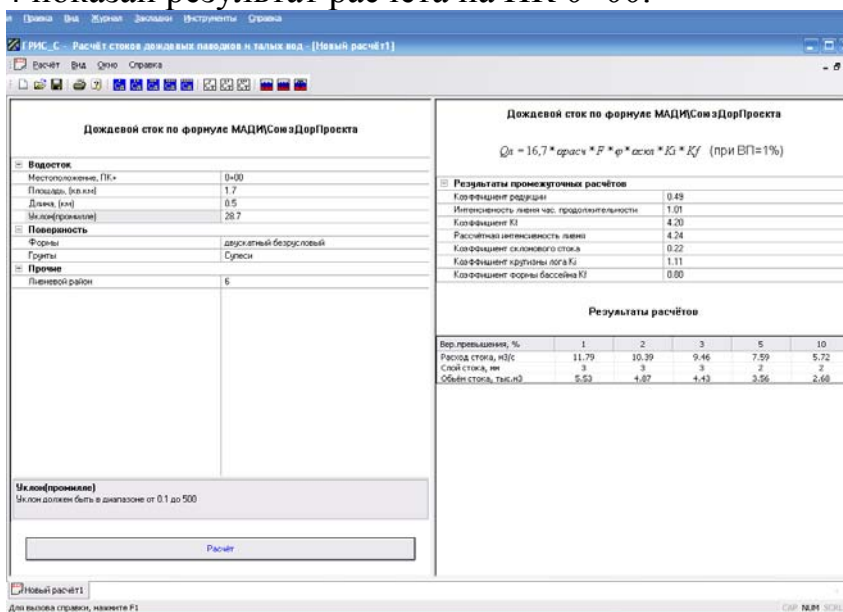


Рис. 4. Результат расчета на ПК 0+00

Расчеты для семи бассейнов были выполнены для тестового примера и сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Определение относительной разности значений расчетного и максимального расходов при расчете в программе ГРИС_С по сравнению с расчетом по номограмме

Исходные данные				Расчет по номограмме ливневых расходов		Расчет в программе ГРИС_С по формуле Союздорпроекта		Относительная разность значений расчета в программе ГРИС_С по сравнению с расчетом по номограмме, %
Пикетаж	Площадь бассейна, F , км ²	Длина лога, L , км	Уклон главного лога, I , ‰	Расчетный расход притока, $Q_{расчет}$, м ³ /с	Максимальный расход притока Q_{max} , м ³ /с	Расчетный расход притока, $Q_{расчет}$, м ³ /с	Максимальный расход притока Q_{max} , м ³ /с	
0+00	1,7	0,5	28,70	11,2	15,6	11,79	16,39	5
45+00	6,4	1,5	13,10	24,8	34,5	23,49	32,65	-5
71+00	4,15	0,6	17,00	19,1	26,5	21,33	29,65	12
91+00	3,4	0,6	15,00	16,6	23,1	16,54	22,99	0
136+00	2,0	0,6	64,00	14,7	20,4	14,98	20,82	2
198+00	1,4	0,5	35,00	10,0	13,9	10,11	14,05	1
248+50	0,7	1,7	40,00	6,5	9,0	6,84	9,51	5

Следует отметить, что расчеты ливневого стока чрезвычайно важны в проектировании железных и автомобильных дорог на предпроектных этапах, так как позволяют выполнить многокритериальную оптимизацию вариантов направления проектируемой дороги, и предусмотреть при необходимости защитные сооружения от неблагоприятных природных явлений [14–18].

Заключение

В результате проведенного исследования можно сделать выводы:

- 1) на предпроектных этапах допустимо использовать приближенные методики расчета стока поверхностных вод, например, метод Союздорнии, разработанный Б.Ф. Перевозниковым; при этом следует отметить, что метод реализован в виде номограмм; расчеты по номограммам неточны и малопродуктивны;
- 2) программа СТОК, разработанная Г.Г. Ивановым, может использоваться только для расчета в 5 и 6 ливневых районах;

3) для повышения эффективности расчетов следует использовать программу КРЕДО ГРИС_С; при этом, результаты расчета могут экспортироваться в программу КРЕДО ГРИС_Т для гидравлического расчета труб и малых мостов;

4) погрешность расчета, выполненного по номограмме, по сравнению с расчетом, выполненным в программе ГРИС_С, составляет 1 – 12 %.

Список литературы

14. Vladimir A. Anisimov, Kseniia A. Malykh, Aleksandr V. Anisimov, Arkadii R. Edigarian. The Functional Models of System of the Automated Design of the Railroads on the Basis of Use of Three-dimensional Terrain Models // *Procedia Engineering*, Volume 165 (2016), pp. 1873-1879.

15. Холодов П.Н. Расчет водоотводных и нагорных канав / П.Н. Холодов, В.А. Подвербный, Д.А. Ковенькин, Е.В. Филатов // Проектирование развития региональной сети железных дорог : сб. науч. тр. под ред. А.В. Никитина. – Хабаровск : изд-во ДВГУПС, 2020. Вып. 8. – С.45–56.

16. Подвербный В.А. Выбор варианта проектного решения по укреплению от размыва песчаного откоса в полосе отвода железнодорожной линии на основе критерия многомерной нечеткой полезности / В.А. Подвербный, Е.О. Гераськина // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование.* – Иркутск: Изд-во ИрГУПС. – 2017. – № 2 (54). – С. 155–162.

17. Подвербный В.А. Проектирование защитных сооружений на Восточно-Сибирской железной дороге / В.А. Подвербный, Е.В. Филатов // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование.* – Иркутск: Изд-во ИрГУПС. – 2012. – № 1 (33). – С. 236–243.

18. Анисимов Вл. А. Методика оценки эксплуатационной надежности железнодорожного участка [Текст] / Вл. А. Анисимов, Н.С. Нестерова // *Транспорт Урала.* – 2016. – № 1 (48). – С. 35–40.

19. Шварцфельд В.С. Надежность и живучесть сети железных дорог / В.С. Шварцфельд // *Проблемы развития сети железных дорог : Межвузовский сборник научных трудов; под ред. В.С. Шварцфельда.* – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2006. – С. 4–14.

20. Ковенькин Д.А. Этапы жизненного цикла верхнего строения железнодорожного пути / Д. А. Ковенькин В.А. Подвербный // Проектирование развития региональной сети железных дорог : сб. науч. тр. под ред. В.С. Шварцфельда. – Хабаровск : изд-во ДВГУПС, 2015. – Вып. 3. – С. 151–157.

21. ГРИС_С. Расчет стоков дождевых паводков и талых вод : справочное пособие. – Минск: Кредо-Диалог, 2006. – 46 с.

22. Инструкция по расчету ливневого стока воды с малых бассейнов. ВСН 63-76 / Минтрансстрой. – М.: Оргтрансстрой, 1976. – 104 с.

23. Свод правил. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. – введ. 26.12.2003 – М: Госстрой России, 2004. – 73 с.

24. Проектирование автомобильных дорог : справочник инженера дорожника / Под ред. Г.А. Федотова. – М.: Транспорт, 1989. – 221 с.

25. Пособие по гидравлическим расчетам малых водопропускных сооружений / ВНИИ транспортного строительства (ЦНИИС), Главное управление проектирования и капитального строительства (ГУПиКС) Минтрансстрой СССР. – М.: Транспорт, 1992. – 408 с.

26. Перевозников Б.Ф. Расчеты максимального стока при проектировании дорожных сооружений / Б.Ф. Перевозников. – М.: Транспорт, 1975. – 304 с.

27. Благоразумов И.В. Предпроектные соображения по строительству железнодорожного пути по направлению «Окино-Ключевское месторождение угля – Гусиноозерская ГРЭС» / И.В. Благоразумов, К.А. Кирпичников, Е.В. Непомнящих и др. // Проектирование развития

региональной сети железных дорог : сб. науч. тр. / под ред. В.С. Шварцфельда. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2013.– Вып. 1.– С. 39–42.

28. Подвербный В.А. Проектирование линии легкого рельсового транспорта по направлению «Аэропорт Иркутск–аэропорт Иркутск-Новый («Усть-Орда») [Текст] / В.А. Подвербный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск: Изд-во Иргупс. – 2012. – № 1 (33). – С. 215–223.

29. Подвербный В.А. Проектирование противолавинных сооружений на Восточно-Сибирской железной дороге / В.А. Подвербный, Е.В. Филатов, Б.П. Мухаров и др. // Особенности проектирования и строительства железных дорог в условиях Дальнего Востока : межвуз. сб. науч. тр.; под ред. В.С. Шварцфельда. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2009. – С. 245–255.

30. Гавриленков А.В. Многокритериальная оптимизация множества вариантов железной дороги методом идеальной точки / А.В. Гавриленков, Ю.А. Быков, В.А. Подвербный, Е.А. Шиварева // Транспортное строительство. – 1992. – № 6. – С. 10–11.

31. Подвербный В.А. Принятие решения при проектировании противообвальных сооружений для защиты железнодорожного пути / В.А. Подвербный, А.А. Перелыгина, Л.Ю. Гагарин // Наука и образование транспорту: материалы XII Международной научно-практической конференции, 6 – 7 ноября 2019 г., г. Самара. – Самара : СамГУПС, 2019. – Т.2 – С. 159–163.

Контактная информация:

Подвербный Вячеслав Анатольевич – д-р экон. наук, проф.; vpodverbniy@irgups.ru

Холодов Петр Николаевич – к.т.н., доцент; petruha@mail.ru

Ковенькин Дмитрий Александрович – к.т.н., доцент; kovenkin_da@irgups.ru

Филатов Евгений Валерьевич – к.т.н., доцент; filatov_ev@irgups.ru

Author's information:

Vyacheslav A. Podverbny – D. Eng. Sci., Professor; vpodverbniy@irgups.ru

Pyotr N. Kholodov – PhD Eng. Sci., Associate Professor; petruha@mail.ru

Dmitry A. Kovenkin – PhD Eng. Sci., Associate Professor; kovenkin_da@irgups.ru

Evgeny V. Filatov – PhD Eng. Sci., Associate Professor; filatov_ev@irgups.ru
