

УДК 631.9

05.20.01- Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

ПРОБЛЕМЫ УСТРОЙСТВА ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Подтелков Василий Владимирович
канд. техн. наук, профессор
SPIN-код: 4431-3381
vvp2000@mail.ru

Прокопенко Алексей Васильевич
канд. техн. наук, доцент
SPIN-код: 4753-9618
prokopenko_a_v_205gd@mail.ru

Зеленков Дмитрий Сергеевич
канд. техн. наук, старший преподаватель
zelenkov_d_s_205gd@mail.ru

Пшидаток Маргарита Адамовна
аспирант
SPIN-код: 2042-4198
margaritaaa7@yandex.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Устройство подъездных путей к производственным зданиям сельскохозяйственного назначения связано с проблемой обязательной рекультивации гумусированных грунтов и разрыхления подстилающих слоев дорожной одежды вследствие регулярных воздействий агротехнологии. В результате многослойный «пирог» основания дорог и технологических площадок в ряде случаев может достигать толщины 1,5 м и более. В работе приведен анализ различных факторов, влияющих на количество и толщину слоев основания, а следовательно и на стоимость строительства проездов и площадок к сельскохозяйственным зданиям и сооружениям, показана необходимость учета интенсивности движения и грузоподъемности транспорта, а также чередования слоев и выбора типа твердого покрытия

Ключевые слова: ДОРОЖНОЕ ПОКРЫТИЕ, ГУМУСИРОВАННЫЕ ГРУНТЫ, ДОРОЖНАЯ ОДЕЖДА, УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ, ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЗЕМЛИ, ТОЛЩИНА КОНСТРУКТИВА НАСЫПИ, ИНТЕНСИВНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-173-012>

<http://ej.kubagro.ru/2021/09/pdf/12.pdf>

UDC 631.9

05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

PROBLEMS OF ROAD CONSTRUCTION ON AGRICULTURAL LANDS

Podtelkov Vasilii Vladimirovich
Cand.Tech.Sci., professor
RSCI SPIN-code: 4431-3381
vvp2000@mail.ru

Prokopenko Alexey Vasilyevich
Cand.Tech.Sci, associate professor
RSCI SPIN-code: 4753-9618
prokopenko_a_v_205gd@mail.ru

Zelenkov Dmitry Sergeevich
Cand.Tech.Sci., senior lecturer
zelenkov_d_s_205gd@mail.ru

Pshidatok Margarita Adamovna
graduate student
RSCI SPIN-code: 2042-4198
margaritaaa7@yandex.ru
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

The construction of access roads to agricultural production buildings is associated with the problem of mandatory reclamation of humus soils and loosening of the underlying layers of road pavement due to regular impacts of agricultural technology. As a result, the multi-layer "pie" of the base of roads and technological sites in some cases can reach a thickness of 1.5 m or more. The study analyzes various factors that affect the number and thickness of the base layers, and therefore the cost of building driveways and platforms to agricultural buildings and structures, shows the need to take into account the traffic intensity and load capacity of transport, as well as the alternation of layers and the choice of the type of hard coating

Keywords: ROAD SURFACE, HUMUS SOILS, ROAD CLOTHING, SOIL COMPACTION, STRENGTH AND DEFORMATION CHARACTERISTICS OF MATERIALS, AGRICULTURAL LAND, THICKNESS OF THE EMBANKMENT STRUCTURE, TRAFFIC INTENSITY

Строительство объектов хранения и подработки сельскохозяйственной продукции связано с необходимостью устройства подъездных путей к производственным зданиям, как со стороны ближайших населенных пунктов, так и со стороны предприятий, выращивающих продукцию. Вокруг самих зданий требуется наличие проездов и площадок для загрузки-разгрузки, стоянки, осмотра и взвешивания грузового автотранспорта [1]. Производственные здания, как правило, одноэтажные, площадью десятки тысяч квадратных метров, с нагрузками на полы до 8 т/м². Проезды и площадки по интенсивности движения грузового и легкового транспорта по покрытию могут быть отнесены к IV категории. Чтобы обеспечить несущую способность и надежность эксплуатации, конструктив дорожной одежды и основание под полы должны иметь несколько слоев материалов, уплотненных с помощью специальной техники.

Размещение объектов предусматривается на бывших сельскохозяйственных землях, богатых гумусом и подвергавшихся регулярным воздействием агротехнологии, в том числе глубокой вспашки с переворачиванием слоев почвы. В результате такого воздействия, а также воздействия атмосферных осадков, верхний слой почвы и подстилающего грунта разрыхляется, уменьшаются его прочностные характеристики. Несущая способность основания дорожных одежд, проектируемых проездов и площадок не обеспечивается с достаточной надежностью без проведения мероприятий по уплотнению грунтов [3].

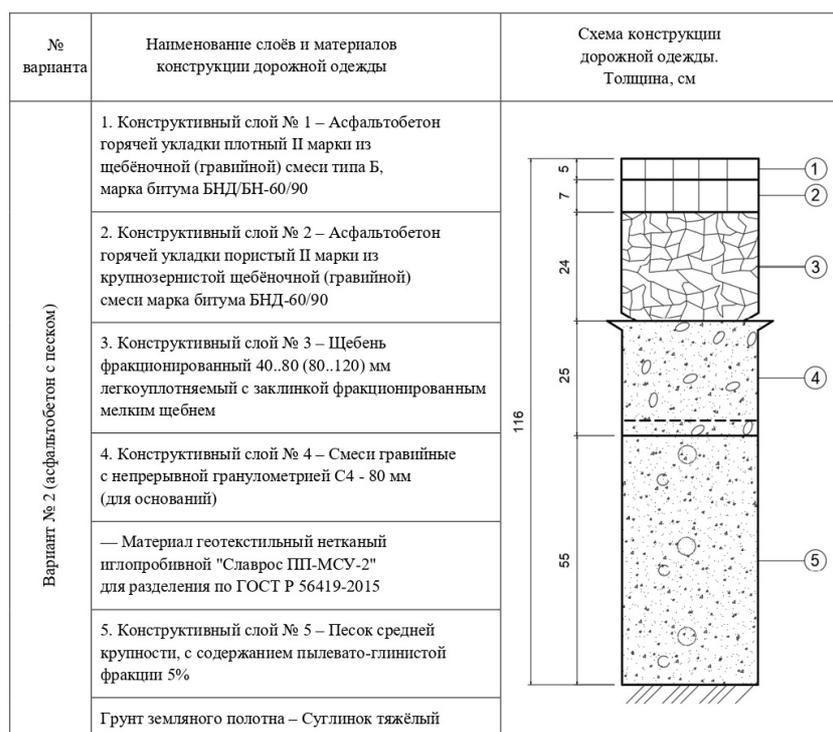
Ситуация осложняется тем, что грунты с содержанием гумуса более 2 % подлежат обязательной рекультивации с целью их сохранения и последующего использования в сельскохозяйственном производстве [2]. Толщина слоя гумусированных грунтов в ряде мест Краснодарского края достигает 1,5 метра и более. Таким образом, многослойный «пирог» дорожной одежды, замещающей слабые разрыхленные и гумусированные

грунты и выводящей покрытие проезда (площадки) на проектную отметку, может иметь толщину до 1,5 метра даже при условии устройства полотна в уровне окружающего рельефа. Как правило, покрытие устраивают выше рельефа, что дополнительно увеличивает толщину конструктива насыпи.

Мощность слоев (щебень, ГПС), подстилающих твердое покрытие из асфальта или железобетона, для указанной выше категории IV интенсивности дорожного движения находится в интервале 60-100 см [4]. Чередование материалов насыпи и замена одного материала другим позволяет подобрать оптимальный с точки зрения затрат состав дорожной одежды. Насыпка замещенного грунта в нижней части обычно выполняется местными материалами (песок, супесь, суглинок) с минимальной стоимостью разработки и транспортировки от карьера до строительной площадки [10].

На рисунках 1, 2 приведены 4 возможных варианта конструктива «пирогов» дорожных одежд подъездов и площадок фруктохранилища в Славянском районе Краснодарского края.

а)



б)

№ варианта	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см
Вариант № 3 (асфальтобетон с ГПС)	1. Конструктивный слой № 1 – Асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-60/90	
	2. Конструктивный слой №2 – Асфальтобетон горячей укладки пористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-60/90	
	3. Конструктивный слой № 3 – Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем	
	4. Конструктивный слой № 4 – Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований)	
	5. Конструктивный слой № 5 – Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований)	
	6. Конструктивный слой №6 – Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований)	
	Грунт земляного полотна – Суглинок тяжёлый	

Рисунок 1 – Схемы конструкции дорожной одежды с твердым покрытием из асфальтобетона:

- а) асфальтобетон с песком;
- б) асфальтобетон с ГПС.

а)

№ варианта	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см
Вариант № 1 (цементобетон)	1. Конструктивный слой № 1 – Мелкозернистый бетон класса В tb 4.0	
	2. Конструктивный слой № 2 – Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем	
	— Материал геотекстильный нетканый иглопробивной "Славрос ПП-МСУ-2" для разделения по ГОСТ Р 56419-2015	
	3. Конструктивный слой № 3 – Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%	
	Грунт земляного полотна – Суглинок тяжёлый	

б)

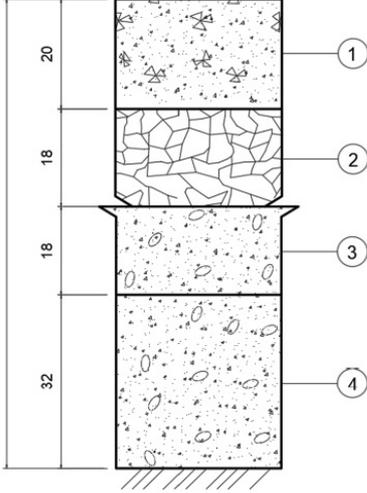
№ варианта	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см
Вариант № 4 (цементобетон с ГПС)	1. Конструктивный слой № 1 – Мелкозернистый бетон класса В tb 4.0	
	2. Конструктивный слой № 2 – Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем	
	3. Конструктивный слой № 3 – Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований)	
	4. Конструктивный слой № 4 – Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований)	
	Грунт земляного полотна – Суглинок тяжелый	

Рисунок 2 – Схемы конструкции дорожной одежды с твердым покрытием из цементобетона:

- а) цементобетон с песком;
- б) цементобетон с ГПС.

Какие же параметры движения по дорожному покрытию влияют в большей степени на прочностные и деформативные характеристики материалов уплотненной насыпи? Для ответа на этот вопрос были выполнены серии расчетов дорожных одежд, в которых варьировались различные параметры:

- интенсивность движения;
- грузоподъемность транспорта;
- чередование конструктивных слоев «пирога» дороги;
- добавление геотекстиля между слоями;
- материал твердого покрытия (асфальтобетон, цементобетон, бетон).

Результаты вариантных вычислений приведены на рисунках 1-4.

а)

Исходные данные

Название объекта	Славянск		
Район проектирования			
Выполняемые расчёты	На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, стат. нагрузку		
Техническая категория дороги	IV категория	Дорожно-климатическая зона	III- подзона 2
Тип дорожной одежды	Облегчённый	Схема увлажнения	Схема 1
Число полос движения (в обе стороны)	2	Коэффициент уплотнения грунта	0,95
Номер расчётной полосы от обочины	1	Суммарное число приложений нагрузки	643750
Расчётная влажность грунта W_p	0,69	Расчётное количество дней в году $T_{рд}$	205
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D штампа, см	80 / 0,60 / 39	Расчётный срок службы $T_{сл}$, лет	10
Заданная надёжность K_n	0,90		

Показатель изменения интенсивности: 1,04
 Суммарное число приложений нагрузки: 643750
 Требуемый модуль упругости: 223

Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см
1. Конструктивный слой № 1 – Мелкозернистый бетон класса В тб 4.0	
2. Конструктивный слой № 2 – Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем	
3. Конструктивный слой № 3 – Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4- 80 мм (для оснований)	
Грунт земляного полотна – Суглинок тяжёлый	

б)

Исходные данные

Название объекта	Славянск		
Район проектирования			
Выполняемые расчёты	На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, стат. нагрузку		
Техническая категория дороги	IV категория	Схема увлажнения	Схема 1
Тип дорожной одежды	Облегчённый	Коэффициент уплотнения грунта	0,95
Расчётная влажность грунта W_p	0,69	Суммарное число приложений нагрузки	110000
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D штампа, см	80 / 0,60 / 39	Расчётное количество дней в году T_{rdg}	205
Заданная надёжность K_n	0,90	Расчётный срок службы $T_{сл}$, лет	10
Дорожно-климатическая зона	III - подзона 2		

Показатель изменения интенсивности: 1,04
 Суммарное число приложений нагрузки: 110000
 Требуемый модуль упругости: 150

Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см
1. Конструктивный слой № 1 – Мелкозернистый бетон класса В тб 4.0	
2. Конструктивный слой № 2 – Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем	
3. Конструктивный слой № 3 – Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований)	
Грунт земляного полотна – Суглинок тяжёлый	

Рисунок 3 – Схема конструкции дорожной одежды при различной интенсивности движения:

- а) суммарное число приложений нагрузки 643750 в год;
- б) суммарное число приложений нагрузки 110000 в год.

а)

Состав транспортного потока

№	Транспортное средство	Интенсивность движения, авт/сут	Коэффициент приведения	Приведённая интенсивность
1	Легковые автомобили	417	0	0
2	Очень тяжёлые грузовые автомобили грузоподъёмностью более 8 т	431	1,25	538,75
Итого		848		538,75

Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Общий модуль упругости на поверхности слоёв, МПа
1. Конструктивный слой № 1 – Асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-60/90		<p>Епов = 265 Ктр=1,100 Красч=1,190 Запас=8%</p>
2. Конструктивный слой № 2 – Асфальтобетон горячей укладки пористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-60/90		Епов = 214
3. Конструктивный слой № 3 – Щебень фракционированный 40..80(80..120) мм легкоуплотняемый с заклиной фракционированным мелким щебнем		Епов= 161
— Материал геотекстильный нетканый иглопробивной "Славрос ПП-МСУ-2" для разделения по ГОСТ Р 56419-2015		Епов = 80
Грунт земляного полотна – Суглинок тяжёлый		Епов = 43

б)

Состав транспортного потока

№	Транспортное средство	Интенсивность движения, авт/сут	Коэффициент приведения	Приведённая интенсивность
1	Средние грузовые автомобили грузоподъёмностью от 2 до 5т	22	0,2	4,4
2	Тяжёлые грузовые автомобили грузоподъёмностью от 5 до 8 т	13	07	91
3	Четырёхосные автопоезда (двухосные грузовые автомобили с прицепом)	36	2,98	107,28
Итого		71		120,78

Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Общий модуль упругости на поверхности слоёв, МПа
1. Конструктивный слой № 1 – Асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-60/90		Епов = 289 Ктр=1,100 Красч=1,820 Запас=65%
2. Конструктивный слой № 2 – Асфальтобетон горячей укладки пористый II марки из крупнозернистой щебёночной(гравийной) смеси марка битума БНД-60/90		Епов = 239
3. Конструктивный слой № 3 – Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем		Епов = 183
4. Конструктивный слой № 4 – Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований)		Елов = 114
5. Конструктивный слой № 5 – Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований)		Елов = 77
Грунт земляного полотна – Суглинок тяжёлый		Епов = 43

Рисунок 4 – Схема конструкции дорожной одежды при различной грузоподъемности автотранспорта:

- а) легковые и грузовые грузоподъемностью более 8 т.;
- б) легковые и грузовые грузоподъемностью менее 8 т.

Интенсивность дорожного движения влияет довольно существенно (см. рисунок 3) на требования к прочности на сжатие и на сдвиг материалов насыпи. Так, например, суммарная толщина «пирога» при интенсивности движения 643750 проездов в год равна 64 см., а при интенсивности движения такого же транспорта 110000 проездов в год 60 см.

Увеличение грузоподъемности транспорта приводит, как правило, к «ужесточению» требований к сжимаемости материалов и, следовательно, к степени их уплотнения [5]. На рисунках 4а, 4б показана толщина слоев и модуль упругости на контакте слоев при грузоподъемности транспорта более 8 т. и менее 8 т., на которых видно, что требования к $E_{\text{пов.}}$ на кровле подстилающего слоя возросли с 289 МПа до 305 МПа.

При чередовании слоев с разными физико-механическими характеристиками важно разместить их таким образом, чтобы более слабые слои находились на большей глубине, то есть дальше от источника нагружения (см., например, рисунки 1а и 1б). Справедливости ради следует отметить, что в конструкции насыпи под дороги и проезды могут быть использованы различные материалы: природные грунты, находящиеся на площадке строительства, пески, гравийно-песчаные смеси, щебень различных фракций [7]. В подборе наиболее оптимального «пирога» необходимо руководствоваться не только прочностными характеристиками, но и стоимостью материалов, имеющихся поблизости от строительной площадки.

Для улучшения прочностных характеристик насыпи на границах слоев, а также для предотвращения диффузии одного слоя в другой применяют различные рулонные геотекстилы, которые располагают между слоями дорожной одежды (см. рисунки 1а и 2а).

В качестве «финишного» покрытия площадок и проездов сельскохозяйственных предприятий, применяют асфальтобетон и цементобетон [6].

Из указанного перечня наименьшей распределительной способностью обладает асфальтобетон, вследствие его малой изгибной жесткости, поэтому его применяют в тех местах, где отсутствуют интенсивные нагрузки на само покрытие. В местах с интенсивной нагрузкой, к которым можно отнести разворотные площадки, площадки погрузки-разгрузки и зоны дебаркадеров и доковыми воротами и докклевеллерами применяют покрытие из цементобетона [8]. На рисунках 3а и 4а приведены расчетные значения толщин конструктива дорожных одежд с покрытием из асфальтобетона и цементобетона. Ввиду большей жесткости бетонного покрытия, толщина подстилающего «пирога», в насыпи с бетонным поверхностным слоем меньше, чем под покрытием из асфальтобетона, работающем в условиях с аналогичными нагрузками и интенсивностью движения транспорта [9].

Основные выводы:

1. Устройство дорожного полотна на землях сельскохозяйственного назначения требует проведения мероприятий по рекультивации и уплотнению существующего природного грунта, а также обеспечению с достаточной надежностью несущей способности слоев основания по сжимаемости, изгибу и сдвигу.

2. При оптимизации «пирога» насыпи дорожной одежды необходимо учитывать такие параметры, как интенсивность движения и грузоподъемность транспорта, чередование слоев и выбор типа твердого покрытия, стоимость материалов и варианты их улучшения или усиления.

Литература:

1. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги.
2. СП 243.1326000.2015. Проектирование и строительство автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения.
3. СП 396.1325800.2018. Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования.
4. ГОСТ 32960-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения.

5. Богомолов А. Н. Влияние жесткости элементов ленточного фундамента на несущую способность основания / А. Н. Богомолов, О. А. Богомолова, В. В. Подтелков, А. Н. Ушаков, А. А. Пристансков // Строительство и архитектура. – 2018. – Т. 6. № 1. – С. 12-15.

6. Безуглова Е. В. Управление оползневый риском на эксплуатируемых линейных сооружениях / Е. В. Безуглова, С. И. Маций, В. В. Подтелков. В сборнике: Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире (Геориск-2015). Материалы 9-й Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 49-54.

7. Прокопенко А. В. Напряженное состояние и области пластических деформаций в однородном основании ленточного фундамента в условиях смешанной задачи теории упругости и теории пластичности грунта / А. В. Прокопенко, А. Н. Богомолов, О. А. Богомолова, А.И. Вайнгольц, А.В. Соловьев // Инновационные конструкции и технологии в фундаментостроении и геотехнике : материалы научно-технической конференции. – Москва : Изд-во «Палеотип», 2013. – С. 9-22.

8. Безуглова Е. В. Особенности эксплуатации линейных транспортных сооружений в аспекте противооползневой защиты / Е. В. Безуглова, С. И. Маций, В. В. Подтелков // Геотехника. – 2017. – № 3. – С. 60-66.

9. Подтелков В. В. Оценка видов воздействий складских комплексов на окружающую природную среду / В. В. Подтелков, А. В. Прокопенко, С. К. Пшидаток // Экономика и предпринимательство. – 2018. – №11 (100). – С. 557-560.

10. Подтелков В. В. К вопросу хранения, переработки и утилизации производственных отходов предпринимательской деятельности крупных логистических центров на примере ЛЦ «Адыгея-2» / В. В. Подтелков, С. К. Пшидаток // Экономика и предпринимательство. – 2018. – №11 (100). – С. 952-955.

References:

1. SP 34.13330.2012. Avtomobil'nye dorogi.
2. SP 243.1326000.2015. Proektirovanie i stroitel'stvo avtomobil'nyh dorog s nizkoj intensivnost'ju dvizhenija.
3. SP 396.1325800.2018. Ulicy i dorogi naselennyh punktov. Pravila gradostroitel'nogo proektirovanija.
4. GOST 32960-2014. Dorogi avtomobil'nye obshhego pol'zovanija. Normativnye nagruzki, raschetnye shemy nagruzhenija.
5. Bogomolov A. N. Vlijanie zhestkosti jelementov lentochного fundamenta na nesushhujuju sposobnost' osnovanija / A. N. Bogomolov, O. A. Bogomolova, V. V. Podtelkov, A. N. Ushakov, A. A. Pristanskov // Stroitel'stvo i arhitektura. – 2018. – Т. 6. № 1. – S. 12-15.
6. Bezuglova E. V. Upravlenie opolznevym riskom na jekspluatiruemyh linejnyh sooruzhenijah / E. V. Bezuglova, S. I. Macij, V. V. Podtelkov. V sbornike: Analiz, prognoz i upravlenie prirodnyimi riskami v sovremennom mire (Georisk-2015). Materialy 9-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – 2015. – S. 49-54.
7. Prokopenko A. V. Naprjazhennoe sostojanie i oblasti plasticheskikh deformacij v odnorodnom osnovanii lentochного fundamenta v uslovijah smeshannoj zadachi teorii uprugosti i teorii plastichnosti grunta / A. V. Prokopenko, A. N. Bogomolov, O. A. Bogomolova, A.I. Vajngol'c, A.V. Solov'ev // Innovacionnye konstrukcii i tehnologii v fundamentostroenii i geotehnike : materialy nauchno-tehnicheskoi konferencii. – Moskva : Izd-vo «Paleotip», 2013. – S. 9-22.
8. Bezuglova E. V. Osobennosti jekspluatatsii linejnyh transportnyh sooruzhenij v aspekte protivopolznevoj zashhity / E. V. Bezuglova, S. I. Macij, V. V. Podtelkov //

Geotehnika. – 2017. – № 3. – S. 60-66.

9. Podtelkov V. V. Ocenka vidov vozdeystvij skladskih kompleksov na okruzhajushhuyu prirodnuju sredu / V. V. Podtelkov, A. V. Prokopenko, S. K. Pshidatok // Jekonomika i predprinimatel'stvo. – 2018. – №11 (100). – S. 557-560.

10. Podtelkov V. V. K voprosu hranenija, pererabotki i utilizacii proizvodstvennyh othodov predprinimatel'skoj dejatel'nosti krupnyh logisticheskikh centrov na primere LC «Aдыgeja-2» / V. V. Podtelkov, S. K. Pshidatok // Jekonomika i predprinimatel'stvo. – 2018. – №11 (100). – S. 952-955.