

Мошенжал А.В. Миаком, Санкт-Петербург

УЧЕТ ГАЗОННЫХ РЕШЕТОК В РАСЧЕТАХ КОНСТРУКЦИЙ НЕЖЕСТКИХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Общая часть

В неблагоприятных природно-климатических и инженерно-геологических условиях устройство покрытий аэродромов и дорог капитального типа обусловлено первоначально важными показателями – надежностью и долговечностью этих сооружений. Покрытия из асфальтобетона, железобетонных плит, как для авиации, так и в дорожном хозяйстве, решают эту проблему наиболее эффективно [1]. В отечественной нормативной документации достаточно полно представлены характеристики этих материалов для проектирования, в частности, деформационные, применение которых, как правило, не вызывают затруднений у проектировщика при расчетах. Как известно, стоимость таких конструкций достаточно высока, особенно для отдаленных регионов, где может отсутствовать завод-изготовитель дорогостоящих материалов. Данный вопрос особенно актуален для малой авиации с нагрузками на ось до 2,0т.

Применение облегченных вариантов покрытий с целью снижения строительных и эксплуатационных затрат, уменьшения сроков строительства позволяет в какой-то мере решить эту проблему [2].

Современные облегченные конструкции покрытий представлены весьма разнообразными вариантами изготовления используемых инертных материалов – щебень, песок, ПГС и других, в различных комбинациях с армирующими геосинтетическими материалами, применяемыми с целью улучшения деформационных характеристик покрытий [3]. К таким материалам относятся различные высокопрочные ткани, стеклосетки, композитные и другие материалы. Все эти материалы применяются в теле конструкций покрытий в качестве армирующей прослойки.

К материалам, которые укладываются на подготовленное основание и, которые непосредственно воспринимают внешние нагрузки, предъявляются другие требования. Это, например, газонные решетки.

Газонная решетка (рис. 1) представляет собой конструкцию трехмерного водопроницаемого модульного полотна, которое образуется посредством соединения краев решеток с помощью специальных замковых креплений, образующих единое полотно материала на месте его укладки.



Рис. 1 – Газонная решетка

К сожалению, на сегодняшний день, расчеты конструкций для обоснования их целесообразности и использования в инженерных целях практически не выполняются, из-за отсутствия методик расчетного обоснования.

Расчеты нежестких аэродромных покрытий отечественные проектировщики выполняют согласно своду правил СП 121.13330.2012 «Аэродромы». Для облегченного типа покрытий предельным состоянием конструкции является относительный прогиб всей конструкции. При этом в нормативной литературе отсутствует методика по учету и определению модуля упругости элементов или конструкции в целом, а производители геосинтетических материалов не предоставляют в полном объеме информацию даже о допускаемых предельных значениях характеристик этих материалов для проектировщиков. Этот факт, в свою очередь, приводит к некорректным и экономически не обоснованным проектным решениям и накладывает определенные ограничения на применение подобных материалов.

Данная статья подготовлена автором совместно со специалистами ОАО «Ленаэропроект» в рамках исследовательской работы для разработки методики расчета нежестких газонных покрытий для строительства и ремонта аэродромов малой авиации.

Полевые испытания

Для расчета нежестких аэродромных покрытий в качестве основной физико-механической характеристики используется модуль упругости. В рамках данной

работы модули упругости конструкций определялись при помощи статических испытаний штампом марки НМР PDG-K, $d=30\text{см}$ (рис. 2,3), в соответствии с требованиями ГОСТ 20276-99 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости».

В качестве экспериментальных были выбраны две опытные площадки (аэродром «Гостилицы», производственная база ГК МИАКОМ), на которых были выполнены различные варианты конструкций (табл. 1).



Рис. 2 – Штамповые испытания на аэродроме «Гостилицы»



Рис. 3 – Штамповые испытания на производственной базе ГК «МИАКОМ»

Грунтовое основание на первой опытной площадке представлено суглинками, а на второй – насыпными техногенными грунтами.

По результатам штамповых испытаний построены зависимости осадки штампа от нагрузки для каждой конструкции покрытия (рис. 4,5).

Диапазон нагрузок для определения модуля упругости был принят от 1 до 2,0т.

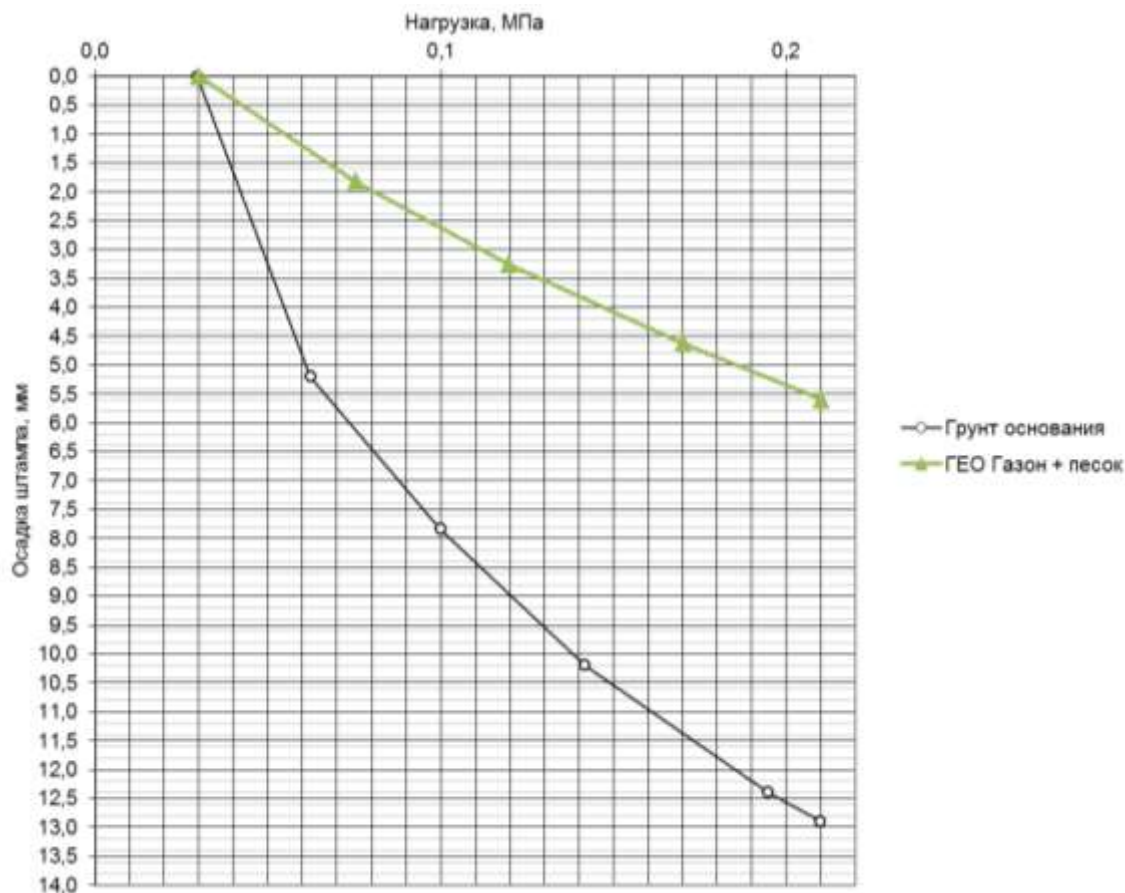

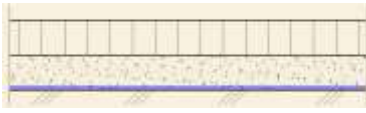

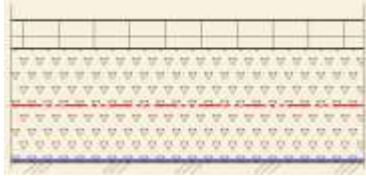





Рис. 4 – Результаты штамповых испытаний на аэродроме «Гостилицы»

Таблица 1 – Конструкции исследуемых покрытий

Наименование площадки	Номер конструкции	Наименование слоев	Толщина слоя, м	Схема
Аэродром «Гостилицы»	1	ГЕО Газон	0,05	
		Песок средней крупности	0,05	
		Геотекстиль ИП 200	-	
		Грунтовое основание	-	
Производственная база ГК МИАКОМ	1	ГЕО Газон	0,05	
		Песок средней крупности	0,05	
		Геотекстиль ИП 200	-	
		Грунтовое основание	-	
	2	ГЕО Газон	0,05	
		Щебень	0,20	
		Геотекстиль ИП 200	-	
		Грунтовое основание	-	
	3	ГЕО Газон	0,05	
		Щебень	0,10	
		Армостаб-грунт 35/35-35	-	
		Щебень	0,10	
		Геотекстиль ИП 200	-	
		Грунтовое основание	-	
	4	ГЕО Газон	0,05	
		Грунтовое основание	-	
	5	Песок средней крупности	0,05	
		Геотекстиль ИП 200	-	
		Грунтовое основание	-	
	6	ЖБ плита	0,20	
Грунтовое основание		-		

Покрытие из слоя песка и уложенной поверх газонной решеткой приводит к снижению деформативности конструкции в 1,5 раза. При этом естественное грунтовое основание в период выпадения обильных осадков не обеспечивает нормальную эксплуатацию аэродрома (рис. 5).

Анализируя графики 4 и 5, можно сделать следующие выводы:

- снижение деформативности покрытия с использованием газонной решетки связано с увеличением площади опирания секции на основание;

- зависимость «нагрузка – осадка» для песчаного слоя и естественного основания практически одинакова, что обусловлено недостаточным уплотнением песчаного слоя, а также небольшой конечной нагрузкой прикладываемой на штамп. Применение песчаного слоя в качестве покрытия не позволит значительно изменить деформационные характеристики конструкции в целом. Кроме того при езде по песку будет возникать колеиность, в то время как укладка газонной решетки позволит распределить колесную нагрузку на нижележащие слои и уменьшить возникновение колеиности. Так же, решетка защищает от повреждения колесами травяного покрытия площадки МС и РД, тем самым, сохраняя запроектированный ландшафтный дизайн территории;

- применение в конструкции щебня позволяет существенно уменьшить деформативность покрытий, что подтверждается проведенными испытаниями (рис. 5). Для нагрузок 1,0 - 2,0т применение полиэфирных армирующих геосеток не дает значительного уменьшения значения параметра - упругого прогиба конструкции. В среднем модули упругости повышаются на 6,5%. Геосетка обеспечивает, преимущественно снижение не вертикальных, а касательных напряжений, возникающих в слое армированного щебня, т.е. повышает сдвигоустойчивость слоев [6].

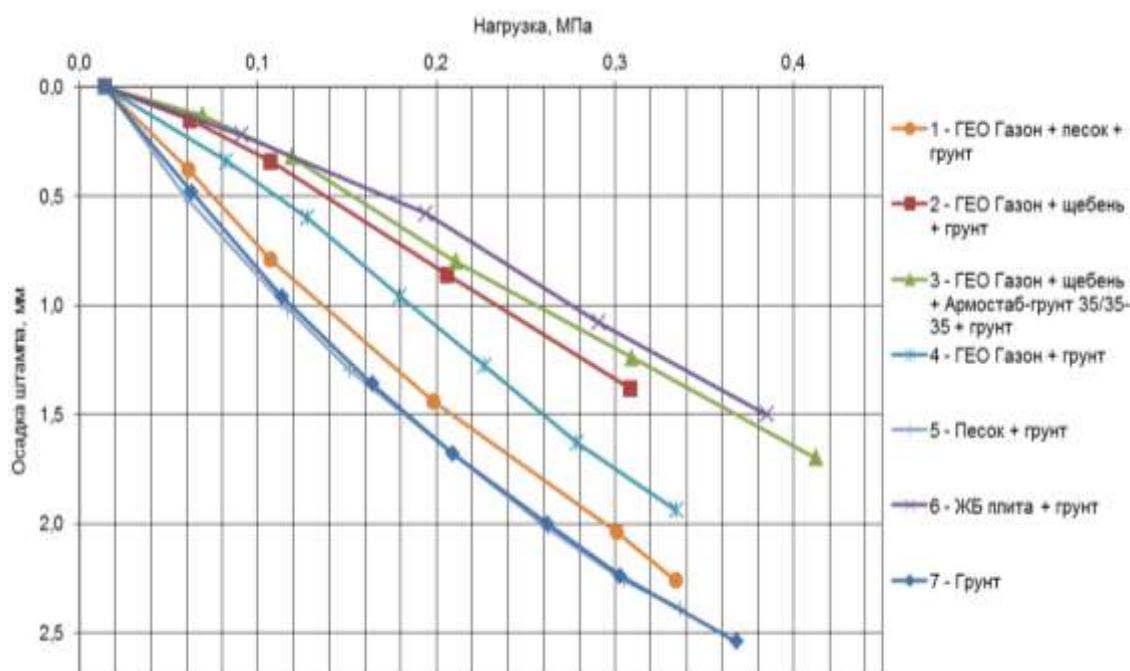


Рис. 5 – Результаты штамповых испытаний на базе ГК «МИАКОМ»

Расчетно-теоретическая часть

Газонная решетка имеет ячеистую структуру, стенки которой обладают высокой сопротивляемостью сжатию, но целая секция не имеет большой прочности на изгиб и, как следствие, не может оказывать значительного влияния на уменьшение относительного прогиба покрытия.

В качестве рекомендаций по усилению аэродромных покрытий с использованием газонной решетки приводятся расчеты, которые опираются на работу [7], где проанализированы особенности взаимодействия системы «конструкция - упругое основание» под действием нагрузки. Если балочная конструкция опирается по всей плоскости касания на упругое основание, то ее изгиб под действием нагрузки определяется не только реактивным действием конструкции покрытия, но и отпором основания, т.е. работа балки и основания становится совместной. Речь идет о железобетонной балке, лежащей на упругом основании. В нашем случае балка представлена газонной решеткой (рис. 6).

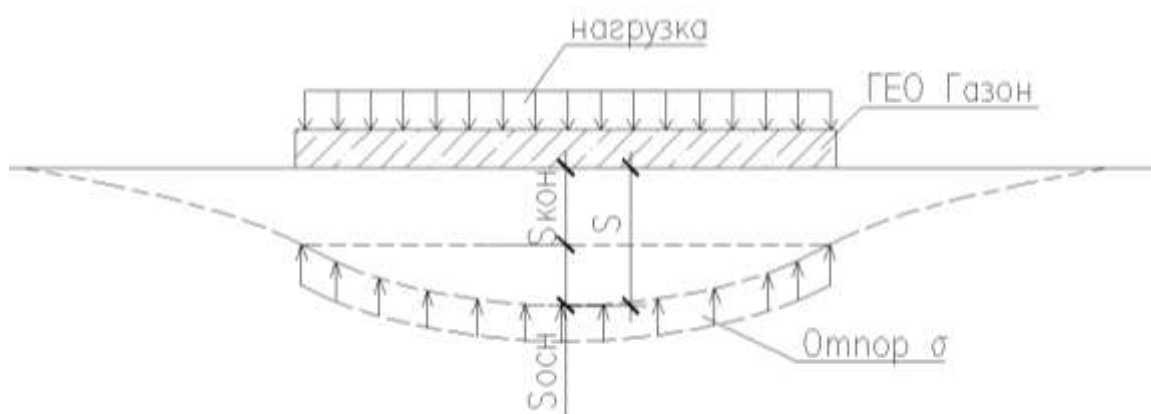


Рис. 6 – Схема деформирования системы конструкция – упругое основание: $S_{осн}$ – осадка от сжатия грунта; $S_{кон}$ – составляющая общей осадки, вызванная прогибом конструкции; S – полная осадка системы с учетом прогиба конструкции по поверхности опирания на грунт

Полную осадку S можно разделить на две составляющие $S_{\text{осн}}$ и $S_{\text{кон}}$. Система находится в равновесном состоянии, под подошвой возникает отпор σ , который также можно разделить на $\sigma_{\text{кон}}$ и $\sigma_{\text{осн}}$:

$$\sigma = \sigma_{\text{кон}} + \sigma_{\text{осн}} \quad (1)$$

При чем

$$\sigma_{\text{кон}} \neq \sigma_{\text{осн}} \quad (2)$$

Тогда

$$\sigma_{\text{кон}} = \omega \sigma \quad (3)$$

Предполагая, что деформация конструкции $S_{\text{кон}}$ пропорциональна жесткости сечения газонной решетки получим

$$S_{\text{осн}} = S_{\text{кон}} = \sigma f(EJ_K, l, b), \quad (4)$$

где $f(EJ_K, l, b)$ - функция, характеризующая геометрические размеры сечения, расчетную схему (исключая нагрузку), материал конструкции. Тогда отпор конструкции

$$\sigma_{\text{кон}} = \frac{\sigma}{1+f(EJ_K, l, b)C} = \sigma \omega, \quad (5)$$

где ω – коэффициент учитывающий увеличение общего отпора за счет включения в работу газонной решетки.

В работе [7] отмечено, что при прочном грунте конструкция разгружается, т.е. большая величина отпора приходится на основание, а при слабом грунте отпор основания имеет меньшие значения. Получается, что газонная георешетка, не имея большой изгибной жесткости, не оказывает значительного влияния на уменьшение относительного прогиба покрытия. Следовательно, модуль упругости решетки будет равен модулю упругости основания, на котором она уложена. В нашем случае модуль упругости решетки равен 28,528МПа (рис. 5 – штамповые испытания грунтового основания).

При диаметре штампа 0,3м получаем, что отпор у газонной решетки при приложении к ней нагрузки в 0,227 МПа составит 1,99кг.

Следовательно, модуль упругости решетки, принимаемый в расчетах по методике, изложенной в СП 121.13330.2012 «Аэродромы», следует принимать равным модулю упругости конструкции покрытия, поверх которого она укладывается.

Важно понимать, что для слабых грунтов в основании с модулем деформации менее 5МПа применение подобных покрытий может оказаться не эффективным решением. В данном направлении необходимо проведение дополнительных исследований.

Заключение

За последние годы на рынке строительных материалов появилось достаточно большое количество производителей геосинтетических материалов, но, к сожалению, этот факт не гарантирует наличия достаточной информации у проектировщиков о применяемых в конструкциях материалах для проектирования.

Основными преимуществами газонной решетки являются уменьшение колеиности и, как следствие, сокращение эксплуатационных затрат на содержание покрытий, сохранение травяного покрова в процессе эксплуатации и обеспечение эстетичного вида благоустраиваемой территории [8]. Уменьшение колеиности обеспечивается жесткими вертикальными ребрами ячеек, передающими нагрузку от колес на основание через подошву решетки, а также сплошностью покрытия. Также к достоинствам такого покрытия относятся простота сборки, без ограничения во времени года, удобство хранения и доставки. Существенным недостатком является отсутствие значимого отпора прикладываемой нагрузке. В расчетах нежестких аэродромных покрытий деформационные характеристики решетки прямо пропорционально зависят от характеристик нижележащих слоев.

Список используемой литературы

1. Кульчицкий В.А., Макагонов В.А., Васильев Н.Б., Чеков А.Н., Романков Н.И. Аэродромные покрытия. Современный взгляд. – М.: Физико-математическая литература, 2002
2. Вторушин В.Н., Федоренко Е.В. Геосинтетические материалы в аэродромном строительстве. – «Airports international» №7(54) 2013
3. Рекомендации по применению геосинтетических материалов в конструкциях промышленных дорог. – СПб.: МИАКОМ, 2013
4. СП 121.13330.2012 Свод правил. Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32-03-96

5. ГОСТ 20276-99 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости
6. Гладков В.Ю. Армирование зернистых оснований нежестких дорожных одежд геотекстильными прослойками в виде сеток. – М.: Диссертация, 1985
7. Григорьев П.Я., Паначёв К.А. Проектирование конструкций на упругом основании. – Хабаровск: ДВГУПС, 2009
8. Федоренко Е.В. Геотехнологии и геосинтетические материалы в транспортном строительстве. – СПб.: МИАКОМ, 2011