

УДК 630*383:625.7

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НАСЫПЕЙ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, СОДЕРЖАЩИХ УПРОЧНЯЮЩИЕ ПРОСЛОЙКИ С ТОРФЯНЫМИ ОСНОВАНИЯМИ

М.Т. Насковец, А.И. Драчиловский, М.Н. Дини

Белорусский государственный технологический университет, Беларусь, г. Минск.

Аннотация. В статье приведены теоретические основы взаимодействия насыпей с торфяными основаниями. Предложены новые конструкции лесных автомобильных дорог, содержащих прослойки из геосинтетических материалов и деревянных элементов, для использования на основаниях с низкой несущей способностью. Произведен расчет и проведены в соответствии с разработанной методикой испытания на экспериментальном стенде в грунтовом канале на кафедре лесных дорог и организации вывозки древесины. Возведение лесных автомобильных дорог при помощи предложенных технических решений позволит уменьшить проседание самой конструкции в грунтовое основание и не потребует создания каких-либо поперечных настилов для придания конструкции жесткости.

Ключевые слова: насыпь, торфяное основание, несущая способность, прослойки, геосинтетика.

Введение

Проектирование и строительство лесных дорог в Республике Беларусь осуществляется в рамках Программы строительства лесохозяйственных дорог в лесах Республики Беларусь в 2011–2015 годах.

Выполнение данной Программы позволит более полно осваивать лесные массивы в труднодоступных местах, увеличить объемы вывозки заготовленной древесины, сокращать транспортные расходы.

Взаимодействия насыпей с грунтовыми основаниями

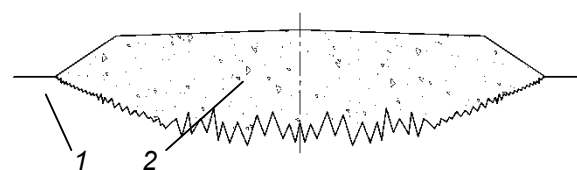
В последние годы в Республике Беларусь наблюдается увеличение объемов строительства автомобильных дорог на покрытых лесами территориях. Причем состав дорожно-транспортных сетей пополняется не только дорогами различных категорий круглогодочного действия, но и дорогами сезонного и временного предназначения. При проектировании дорог такого типа следует в значительной степени учитывать как региональные грунтово-гидрологические условия, где планируется их строительство, так и негативное влияние на эксплуатацию устроенных транспортных путей погодно-климатических факторов. Как правило, дорожные конструкции, предназначенные для функционирования в сложных условиях местности, должны содержать прослойки, способные повысить несущую способность грунтовых оснований [1].

В процессе эксплуатации лесных дорог при воздействии нагрузок от тяжелого подвижного состава происходит просадка и пе-

ремешивание грунта покрытия с основанием. Это приводит к образованию различного рода разрушений дорожных конструкций.

Одной из самых сложных задач является процесс строительства дорожных конструкций на слабых основаниях. Главные трудности в данном случае связаны с обеспечением стабильности дальнейшей работы земляного полотна [2].

В случае отсыпки грунта непосредственно на слабое основание (рис. 1), на границе взаимодействия происходит формирование различного рода зигзагообразных ломаных линий.



1 – слабое основание; 2 – отсыпaeмый грунт
Рис. 1. Вариант контакта насыпи со слабыми торфяными основаниями

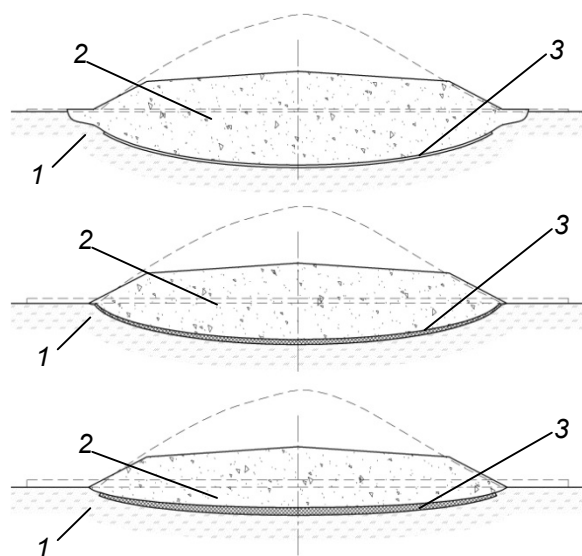
Во время отсыпки грунта насыпи на слабое основание происходит его неравномерное внедрение в основание. Насыпь в этом случае проседает из-за уплотнения грунта или выжимания его в стороны. Это приводит к деформации грунтового основания и как следствие разрушение дорожной конструкции.

В этой связи чтобы усилить слабые грунты основания и повысить их несущую способность устраиваются разделяющие и ар-

мирующие прослойки из геосинтетических материалов [3]. Укладка геосинтетики позволяет исключить проникновение минерального грунта в толщу слабого грунта. При этом важное значение имеет то, каким образом взаимодействует насыпь с поверхностью грунтового основания [4].

Уменьшить величину просадки и добиться более равномерной осадки грунта в основание можно путем применения геосинтетической прослойки (рис. 2). Величина просадки насыпи может быть уменьшена за счет применения материалов прослойки, характеризующихся различной жесткостью и степенью растяжения.

При этом взаимодействие насыпи и основания будет происходить по линиям равных сжимающих напряжений, т.е. линии прогиба (изобары) совпали с линиями равных напряжений. Также кривизна линий прогиба будет зависеть от прочностных характеристик, а также от несущей способности слабого основания [5].



1 – слабое грунтовое основание; 2 – отсыпаемый грунт; 3 – геотекстильная прослойка

Рис. 2. Варианты просадки грунтового основания при возведении лесных автомобильных дорог

При просадке насыпи будет происходить погружение ее части в основание и кроев прослойки, которое повлечет за собой выдавливание отсыпаемого грунта в стороны и смешивание его с грунтом основания, что также в дальнейшем приведет к разрушению дорожной конструкции.

Расчет и результаты экспериментальных исследований

Предотвратить смещение геотекстильного материала можно посредством пропуска-

ния через геотекстильную прослойку продольных деревянных элементов (рис. 3), которые будут также препятствовать ссыпанию в стороны с прослойки грунта насыпи: по поверхности слабого торфяного основания 1 раскатывается геосинтетический материал 2, в котором от краев на расстоянии не менее диаметра продольного элемента выполняют поперечные прорезы и пропускают через них деревянные продольные элементы 3. Прорезы выполняют таким образом, чтобы торцы продольных элементов выступали на 0,2–0,3 длины продольного элемента. По окончании формирования настила производят отсыпку грунта покрытия 4 с последующим уплотнением и планировкой.

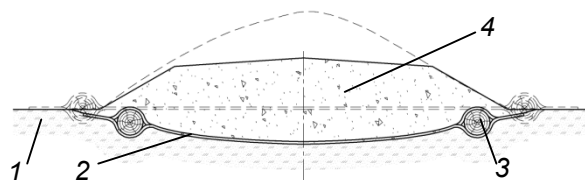


Рис. 3. Вариант устройства дорожной конструкции с использованием продольных деревянных элементов

Новым предлагаемым техническим решением для устройства дорожных конструкций на слабых грунтах является то, что начинать отсыпку грунта необходимо первоначально одновременно от обоих краев дорожной конструкции (рис. 4). Это в какой-то степени фиксирует края прослойки, а следовательно, предотвратит ее смещение к оси и уменьшит проседание всей конструкции при последующей отсыпке грунта по оси строящейся дороги.

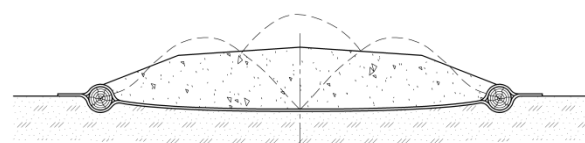


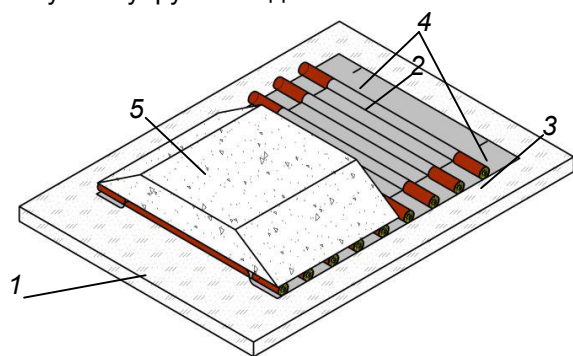
Рис. 4. Предлагаемый вариант отсыпки грунта при возведении дорожных конструкций на слабых основаниях

Чтобы обеспечить нормальную работу насыпи со слабым основанием, необходимо придать основанию насыпи жесткость и за счет этого она будет проседать в слабое грунтовое основание на одинаковую глубину по всей ее ширине. Придать жесткость основанию насыпи предлагается посредством формирования поперечного настила из деревянных элементов.

На кафедре лесных дорог и организации вывозки древесины УО «Белорусский государственный технологический университет» были разработаны дорожные конструкции с

использованием сплошного и разреженного поперечного настила [6,7].

Устройство дорожной конструкции на основе разреженного деревянного настила осуществляется следующим образом: по поверхности подготовленного основания из слабого грунта (рис. 5) раскатывают гибкую прослойку из синтетического текстильного материала с последующим выполнением в гибкой прослойке по ее длине с обеих сторон прорезей симметричных оси дороги. Укладка поперечных элементов производится путем их протаскивания через прорези в синтетическом текстильном материале до упора в него вершинных и комлевых частей. Затем поверх гибкой прослойки отсыпают слой насыпного грунта, обеспечивая после отсыпки слоя работу ее в упругой стадии.



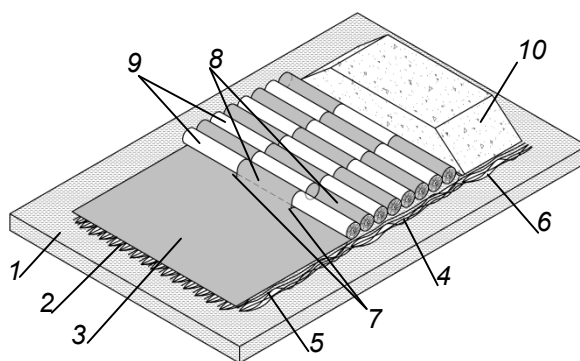
1 – основание из слабого грунта; 2 – гибкая прослойка из синтетического текстильного материала; 3 – поперечные элементы; 4 – прорези, симметричные оси дороги; 5 – слой насыпного грунта

Рис. 5. Общий вид способа устройства слани на болотах

Устройство дорожной конструкции на основе сплошного деревянного настила заключается в следующем: на автомобильной дороге, характеризующейся различной несущей способностью грунтов на слабое основание (рис. 6) укладывается хворостяная выстилка, поверх которой раскатывается геотекстильный материал. Затем на участке дороги, характеризующейся более низкой несущей способностью по отношению к предыдущему и последующему участкам, в геотекстильном материале устраиваются прорези с образованием полос на всем его протяжении. Таких полос должно быть как минимум 3. После чего поднимают вверх через одну каждую из полос и под ними пропускают элементы поперечного настила равные ширине геотекстильного материала, которые доводят до упора в неразрезанный геотекстильный материал. Далее производят опускание поднят-

тых полос и последующее поднятие смежных полос с аналогичным заведением следующего поперечного элемента в настил до упора в предыдущий элемент. Данный процесс продолжают до конца участка дороги с более низкой несущей способностью, на котором выполнены прорези, поверх устроенных участков дороги отсыпают грунт насыпи. По окончании формирования настила производят отсыпку грунта земляного полотна и устраивают дорожную одежду. Для более эффективного устройства покрытия элементы настила необходимо поочередно заводить с одной и с другой стороны в разнокомелицу.

Применение геосинтетической прослойки в настиле позволяет не допустить просыпание грунта насыпи между поперечными элементами с дальнейшим его смешиванием с грунтом основания.



1 – слабое основание; 2 – хворостяная выстилка; 3 – геотекстильный материал; 4 – участок дороги, характеризующийся более низкой несущей способностью по отношению к предыдущему 5 и последующему 6 участкам; 7 – прорези; 8 – полосы; 9 – поперечный элемент; 10 – земляное полотно

Рис. 6. Общий вид дорожной конструкции для устройства на участках с различной несущей способностью слабых грунтов

Для определения величины осадки были проведены теоретические исследования по изучению взаимодействия насыпей с торфяными основаниями.

Для оценки зависимости деформативности торфа предложено использовать формулу, предложенную М.А. Шапошниковым [8]:

$$S = \frac{\sigma_z}{E} H, \quad (1)$$

где σ_z – нагрузка, действующая на торф, МПа; E – модуль деформации торфа, МПа; H – глубина заложения торфа, м.

В данной формуле заменим:

$$S = \frac{\sigma_z}{E} H = \frac{gm}{BLE} H = \frac{gV\rho}{BLE} H = \frac{gBLH_i\rho}{BLE} H = \frac{gH_i\rho}{E} H.$$

где g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; m – масса грунта насыпи, кг; B – ширина насыпи, м; L – погонный метр насыпи, м; V – объем грунта насыпи, m^3 ; ρ – плотность грунта насыпи, kg/m^3 .

В итоге получаем осадку торфа, зависящую от высоты насыпи и плотности грунта. Как показали исследования зависимости осадки торфяной залежи, основное влияние на нее оказывает модуль деформации, который зависит от влажности торфа. В данном случае связь между ними обратно пропорциональная. Как видно для расчета по полу-

ченной формуле величины осадки необходимо знать значение модуля деформации торфяного грунта. Данный параметр предлагается находить на основании лабораторных экспериментальных исследований.

Модуль деформации определялся с помощью рычажного пресса путём вдавливания штампа в специально подготовленный образец грунта с одновременным замером величины осадки штампа при данном удельном давлении.

В результате лабораторных исследований были получены аналитические зависимости модуля деформации торфяного грунта от его влажности (табл. 1) и построен график данной зависимости (рис. 7).

Таблица 1 – Аналитическая зависимость модуля деформации торфяного грунта от его влажности

Нагрузка p , МПа	Осадка штампа l , мм	Модуль деформации E , МПа	Влажность грунта W , %
0,08	2,655	1,21	85
0,08	2,620	1,22	85
0,08	2,590	1,24	85
0,08	2,955	1,08	150
0,08	2,980	1,07	150
0,08	2,890	1,11	150
0,08	3,200	1,00	178
0,08	3,150	1,02	178
0,08	3,270	0,98	178
0,08	3,350	0,96	195
0,08	3,410	0,94	195
0,08	3,380	0,95	195
0,08	3,550	0,90	210
0,08	3,610	0,89	210
0,08	3,570	0,90	210
0,08	3,920	0,82	230
0,08	3,850	0,83	230
0,08	3,810	0,84	230

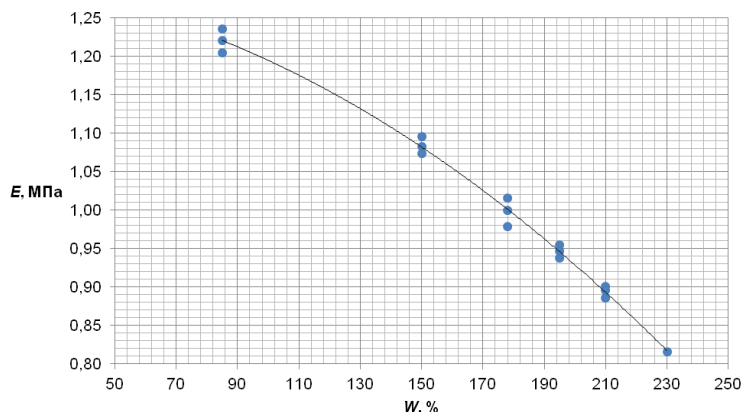


Рис. 7. Графическая зависимость модуля деформации торфяного грунта от его влажности

Выводы

1. Разработаны способы устройства лесных автомобильных дорог на основаниях с низкой несущей способностью грунтов, позволяющие равномерно распределять передаваемые нагрузки от насыпей через упрочняющие прослойки на слабые основания. Предложенные конструкции лесных дорог позволяют снизить объемы земляных работ на 20% и на 25–30 % повысить несущую способность, а также заменить дорогостоящие дорожно-строительные материалы на местные грунты, а также эффективно применять геосинтетические материалы.

2. На основании учета воздействия параметров насыпного грунта дорожных конструкций установлена зависимость определения величины осадки торфа при воздействии на него вертикальных нагрузок, которая обратно пропорциональна модулю деформации торфяной залежи и зависит от его влажности, что позволяет прогнозировать процесс консолидации насыпей, содержащих упрочняющие прослойки.

3. Полученная экспериментальным путем в процессе исследования изменения деформационного состояния торфяного грунта зависимость, позволяет устанавливать граничные условия применения различных типов дорожных конструкций.

Библиографический список

1. ТКП 500-2013 (02080) Лесные автомобильные дороги. Нормы проектирования и правила устройства.
2. Яромко, В.Н. Дорожные насыпи на болотных грунтах. Научные основы ускоренных методов проектирования и строительства / В.Н. Яромко. – Мн.: 1998. – 400 с.
3. Тюрин, В.И. Вопросы применения геосинтетических материалов в дорожных конструкциях при проектировании автомобильных дорог / В.И. Тюрин // Дороги. Инновации в строительстве. – 2011. – № 7. – С. 22 – 27.
4. Вырко, Н.П. Строительство и эксплуатация лесовозных дорог: учебник для студентов специальности «Лесоинженерное дело» / Н.П. Вырко. – Мн.: БГТУ, 2005. – 446 с.
5. Бабков, В.Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов / В.Ф. Бабков, В.М. Безрук. – М.: Высшая школа, 1986. – 239 с.
6. Пат. 8708 Республика Беларусь, 8708, МПК E01C 3/00. Способ устройства слани на болотах / П.А. Лыщик, М.Т. Насковец, Л.Ч. Станкевич, С. В. Красковский – №а20040020; заяв. 13.01.2005; опубл. 30.12.2006 Бюл. №6.
7. Пат. 13311 Республика Беларусь, 13311, МПК E01C 9/00. Способ устройства дорожной конструкции на слабых грунтах / М.Т. Насковец, Е.И.

Бавбель – №а20081100; заяв. 21.08.2008; опубл. 30.06.2010 Бюл. №3.

8. Шапошников, М.А. Транспортное освоение заболоченных лесов / М.А. Шапошников. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 192 с.

THEORY OF INTERACTION MOUND FOREST AUTOMOBILE ROADS CONTAINING EINFORCING INTERLAYER WITH PEAT GROUNDS

M.T. Naskovets, A.I. Drachylovskiy, M.N. Dini

Abstract. The article presents the theoretical bases of interaction with mounds of peat bases. New constructions of forest roads of mobile auto-containing layers of geosynthetic materials and de-roaring elements, for use in the grounds with low bearing capacity. The calculation and conducted in accordance with the testing procedures on the test bench in the ground channel in the department of forest roads and the organization of wood removals. The construction of forest roads using the proposed technical solutions will reduce the sagging of the design in the subsoil, and does not require consciousness of any cross-decking length giving structure rigidity.

Keywords: the mound, peat grounds, carrying capacity, layer, geosynthetics.

References

1. ТКП 500-2013 (02080) Лесные автомобильные дороги. Нормы проектирования и правила устройства [TKP 500-2013 (02080) Forest roads. Design standards and rules of the device].
2. Jaromko, V.N. *Dorozhnye nasypi na bolotnyh gruntah. Nauchnye osnovy uskorenykh metodov proektirovaniya i stroitel'stva* [Road embankment on marshy soils. Scientific basis for accelerated methods of design and construction]. Minsk, 1998. 400 p.
3. Tjurin V.I. *Voprosy primenenija geosinte-ticheskikh materialov v dorozhnyh konstrukcijah pri proektirovanii avtomobil'nyh dorog* [The application of geosynthetics in road constructions in the design of roads]. *Dorogi. Innovacii v stroitel'stve*, 2011, no 7. pp. 22 – 27.
4. Vyrko N.P. *Stroitel'stvo i jekspluatacija lesovoznyh dorog: uchebnik dlja studentov speci-al'nosti «Lesoinzhenernoe delo»* [Construction and maintenance of forest roads: the textbook for students of specialty "Forest Engineering"]. Minsk, BGTU, 2005. 446 p.
5. Babkov V.F., Bezruk V.M. *Osnovy gruntovedenija i mehaniki gruntov* [Fundamentals of Soil and Soil Mechanics]. Moscow, Vys-shaja shkola, 1986. 239 p.
6. Lyshhik P.A., Naskovec M.T., Stankevich L.Ch., Kraskovskij S.V. *Sposob ustrojstva slani na bolotah* [Method devices slany in swamps]. Patent Respublika Belarus', no a20040020, 2006.
7. Naskovec M.T., Bavbel' E.I. *Sposob ustrojstva dorozhnoj konstrukcii na slabyh gruntah* [The method of road construction on soft ground]. Patent Respublika Belarus', no a20081100, 2010.
8. Shaposhnikov M.A. *Transportnoe osvoenie zabolochennyh lesov* [Transport development of wetland forests]. Moscow, Lesaja promyshlennost', 1971. 192 p.

Насковец Михаил Трофимович (Республика Беларусь, г. Минск) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой лесных дорог и организации вывозки древесины; Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, e-mail: naskovets@belstu.by).

Драчиловский Александр Иванович (Республика Беларусь, г. Минск) – ассистент кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины; Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, e-mail: drachilovskii@belstu.by).

Дини Мортеза Носрат (Республика Беларусь, г. Минск) – аспирант кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины; Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, e-mail: dini@belstu.by).

Naskovets Mikhail Trofimovich (Republic of Belarus, Minsk) – candidate of technical sciences, the associate professor, the head of the department of forest roads and the organization of removal of wood. Belarusian state technological university (220006, Minsk, Sverdlov St., 13a, e-mail: naskovets@belstu.by).

Drachilovsky Alexander Ivanovich (Republic of Belarus, Minsk) – the assistant to chair of forest roads and the organization of removal of wood. Belarusian state technological university (220006, Minsk, Sverdlov St. 13a, e-mail: drachilovskii@belstu.by).

Dini Morteza Nosrat (Republic of Belarus, Minsk) – the graduate student of chair of forest roads and the organization of removal of wood. Belarusian state technological university (220006, Minsk, Sverdlov St. 13a, e-mail: dini@belstu.by).

УДК 62-294.2

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ ПРЕСС-ФОРМ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н.С. Першин¹, М.С. Чепчуров¹

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова «БГТУ им. В.Г. Шухова», Белгород, Россия.

Аннотация. Рассматривается процесс отливки полипропилена в пресс-форму, изготовленную из металлополимера. В статье приводится теоретическое и практическое обоснование возможности применения формообразующих элементов пресс-форм из металлополимеров. Приводятся результаты моделирования процесса литья в программной среде и даётся анализ полученных данных. Описываются результаты применения матрицы из композитных материалов в условиях реального производства. Сделаны выводы о возможности изготовления формообразующих деталей пресс-форм из композитных материалов.

Ключевые слова: композитные материалы, металлополимер, пресс-форма, отливка деталей из пластмасс, каналы охлаждения, матрица, компьютерное моделирование.

Введение

Наибольшая трудоёмкость приходится на изготовление формообразующих деталей пресс-форм. Это связано с тем, что они, чаще всего, имеют сложную конфигурацию, требующую значительных затрат как машинного времени, так и ручного труда на выполнение доводочных операций [1,2]. Выполнено исследование по определению возможности замены дорогостоящих пресс-форм из металлов на более дешёвые формы из композитов.

Получение формообразующих деталей пресс-форм из композиционных материалов

Материалом формообразующих деталей являются в соответствии с требованиями

ГОСТ 27358-87, высококачественные стали, имеющие высокую прочность, и обладающие определённой коррозионной стойкостью. Шероховатость поверхностей формообразующих деталей составляет 0,025 мкм по Ra, хотя допускается шероховатость до Ra ≤ 0,40 мкм [1, 3]. Если есть необходимость отливать детали в количестве до 10 тыс. шт. только литьём под давлением с использованием пресс-форм, то изделие имеет высокую стоимость, ввиду значительных затрат на получение формообразующих деталей. Используемые в настоящее время 3-D принтеры для получения изделий из полимеров не обеспечивают хорошего соотношения цена/качество, по этой причине они не используются для се-