DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-1-62-69

*Оденбах И.А. *, кандидат педагогических наук, доцент,
Таурит Е.Б., старший преподаватель,
Оренбургский государственный университет, Россия*
*Ответственный автор E-mail: Odenbakh@yandex.ru

НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация: в настоящей статье рассматриваются некоторые новые современные технологии при строительстве автомобильных дорог. Анализируется использование таких инноваций как: различные модификаторы, добавляемые в битум; усовершенствованные технологии инженерных изысканий и автоматизированного проектирования автомобильных дорог; геосинтетические материалы для армирования земляного полотна и асфальтобетонного покрытия; ПБВ; битумнополимерные дорожные ленты; геотекстиль; пеностеклянный щебень; резиновая крошка. Выделяются преимущества использования инноваций в дорожном строительстве. Отмечаются препятствия в использовании некоторых технологий с учетом российских реалий.

Автор приходит к выводу, что применение инновационных материалов становится экономически оправданным на этапе возведения и последующей эксплуатации дорожного покрытия. Новые технологии способны не только усовершенствовать качество дорог, но и тем самым повысить безопасность дорожного движения.

Инновации обуславливают прогрессивные изменения, обеспечивают динамическое развитие строительной отрасли, в первую очередь, за счёт снижения стоимости и сроков строительства, повышения качества возводимых объектов, комфортности проживания и эксплуатации.

В работе рассмотрены классические методики по проектированию работ фундамента и ГМ, произведен обзор современных конструкций и технологий по их устройству. С целью оценки возможности применения линейного расчета для шпунтовых ограждений произведено моделирование глубокого котлована в программных комплексах SCAD и PLAXIS.

Результатами работы являются следующие выводы:

1. Предложена методика повышения эффективности технологий при устройстве ограждающих конструкций котлована;
2. Создана конечно-элементная модель совместной работы грунта и ГМ.

Для оценки эффективности вариантов использованы методы принятия решений по критериям оптимизации с учетом степени рисков производства работ.

Установлено, что необходимым фактором является геотехническое сопровождение технологических воздействий, позволяющее осуществляется контроль работ по степени безопасности и влияния на автомобильные дороги.

Ключевые слова: дорожное строительство, инновации, полимерасфальтобетон, геотекстиль, 3D-нивелирование, дорожное покрытие, пеностеклянный щебень, резиновая крошка, полимерно-битумное вяжущее, дорожно-строительная техника, армирование

Введение

Дорожное хозяйство представляет собой один из крупнейших сегментов экономики. Состояние автомобильного дорожного покрытия оказывает существенное влияние на скорость и безопасность движения. Поэтому главная цель при строительстве автомобильных – предоставление качественного инженерно-строительного сооружения, при последующем минимальном уровне затрат на эксплуатацию.

На сегодняшний день имеется не малое количество технологий и материалов, применяемых в дорожном строительстве, однако исследователи находятся в постоянном поиске новых технологий для повышения качества дорожного строительства [4, 7, 8, 9]. Что, в свою очередь, позволяет уменьшить издержки и увеличить безопасность дорожного движения.

Кроме того, активное развитие дорожно-транспортного комплекса, требуемого современному обществу, не представляется возможным без использования инноваций в строительстве автомобильных дорог. Указанное обуславливает актуальность исследования новых технологий и их эффективности в дорожном строительстве.

Рассмотрим некоторые инновации, которые на наш взгляд, представляют особую значимость в области строительства автомобильных дорог:

1. Использование разнообразных модификаторов добавляемых в битум. В результате чего повышается стойкость асфальтобетона к растрескиванию в большом интервале температур, уменьшается колееобразование.

Так, для увеличения прочности дорожного покрытия к воздействию воды, попеременного замораживания и оттаивания на современном этапе часто используются гранитные наполнители, модифицированные битумы и широкий комплекс добавок. В частности, использование модифицированных битумов увеличивает сроки их окисления в период службы асфальтобетонного покрытия с 5 до 9 лет.

Использование гранитных наполнителей увеличивает сроки истираемости дорожного покрытия, формирования колеи и повышение показателя морозостойкости с 50 до 300 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

2. Модифицированные технологии инженерных изысканий и автоматизированного проектирования автомобильных дорог, в том числе GPS-системы [1].

3. Использование геосинтетических материалов для армирования земляного полотна и асфальтобетонного покрытия. В данном случае применяется метод стабилизации грунта с использованием специальных добавок – «полифилизаторов».

Технология указной инновации заключается а следующем: в разрыхленный грунт добавляются со специальные добавки, которые при взаимодействии с добавленным реагентом преобразовывают грунт в плотное водонепроницаемое основание дороги с большой степенью прочности и износостойкости.

Преимущества рассматриваемой технологии представлены на рис. 1:

- основание дорожной одежды соответствует по прочности щебеночному основанию толщиной в 20 см. При этом, сроки устройства инновационного основания в разы меньше;
- увеличиваются сроки службы дороги без капитального ремонта;
- появляется возможность использовать местный грунт вместо дорогих и дефицитных привозных материалов (песок, гравий и щебень)

Рис. 1. Преимущества использования «полифилизаторов»

Fig. 1. Benefits of Using Polyphilizers

4. Полимерно-битумное вяжущее (ПБВ). В настоящее время данная инновация используется в России на основании ГОСТ Р 52056 – 2003 [2]. Отметим, что ПБВ относится к классу эластомеров, в связи с чем они отличаются от битумов высокой эластичностью, составляющей до 70 % и сохраняется при низких температурах.

Объем производства ПБВ в России в период с 2014 г по 2018 г. представлен на рис. 2.

Рис. 2. Объем производства ПБВ 2014 -2018гг., тыс. тонн

Fig. 2. Production volume of polymer-bitumen binder 2014 -2018, thousand tons

Как следует из данных, представленных на рисунке 1, в 2018 отмечен высокий скачок спроса на ПБВ – производство составило около более 400 тыс. тонн. В 2017 году данный показатель имел значение 232,6 тыс. тонн, что на 15, 22% больше, чем в 2016 г. В 2016 году отметка достигла уровня в 202,26 тыс. тонн ПБВ. По прогнозам к 2025г емкость этого рынка превысит 500 тыс. тонн [3].

Отличительные особенности ПБВ от битумов:

- повышенная эластичность;
- более низкая температура хрупкости;
- более высокая температура размягчения.

Преимущества использования ПБВ представлены на рис. 3.

Применение полимерно битумных вяжущих позволяет:				
исключить колебание на дорогах в летний период времени	обеспечить трещиностойкость асфальтового покрытия зимой	повысить деформационную устойчивость полимерасфальтобет она на всем диапазоне эксплуатационных температур	увеличить коррозионную стойкость покрытий	обеспечить безопасность движения автомобилей

Рис. 3. Преимущества использования ПБВ
Fig. 3. Advantages of Using Polymer-Bitumen Binder

Между тем, отмечаются следующие препятствия на пути широкомасштабного внедрения данной инновации в РФ [3]:

- Отсутствие эффективной нормативной правовой базы, необходимость передачи полномочий в сфере технических регламентов по безопасности автодорог от Минстроя РФ к Минтрансу РФ.
- Проблема системного снижения цены проектов органами экспертизы. В связи с чем, большинство подрядчиков находятся в непростой экономической ситуации. Это обуславливает проектировщиков изменять решения и руководствоваться имеющейся нормативной базой. Что, в свою очередь, усложняет процесс вхождения рассматриваемой инновации.
- Проблема контрактов жизненного цикла. В нормативных правовых актах при регламентации жизненного цикла отсутствует такая категория как «эксплуатация объекта». Тем самым сравнение проектных решений не производится во временном периоде.
- Отсутствие сильной поддержки и стимулирующих инструментов для малого бизнеса.
- Проблема согласования инновационных решений с «Главэкспертизой», которая практически никогда их не одобряет.
- Несовершенства системы государственных закупок. Так, прошедший все экспертизы проект попадает на аукцион, который можно выиграть, предложив наименьшую стоимость. Поэтому для выигрыша аукциона подрядчик максимально снижает цену, после чего, при реализации проекта вынужден экономить на всем, в том числе качестве.

5. Битумнополимерные дорожные ленты. Они представляют собой модифицированные полимерами ленты, созданные для использования при дорожном строительстве, в целях соединения и уплотнения различных стыков, швов и соединений. Данные ленты устойчивы к старению и жизнестойкие против износа.

6. Система автоматического нивелирования. Используется 3D цифровая модель проектной поверхности, устанавливается как файл в компьютер машины.

Главная цель данной инновации – установление позиции и ориентации рабочего органа строительной машины по отношению к проектной поверхности, после чего - автоматическое перемещение рабочего органа в соответствии с ней.

Применение этой технологии способствует увеличению производительности машины (например, увеличение скорости прохода, эксплуатация в условиях плохой видимости, и.т.п.), экономии топлива, а также уменьшению расхода стройматериалов за счет снижения допуска по толщине [5].

7. Пеностекольный щебень. Использование пеностекла позволяет обойтись без отдельных дренажных конструкций, слоев из песка и уменьшает несущий слой щебня. Данная технология актуальна для регионов, где не имеются данные строительные материалы.

Отметим, что пеностекольный щебень представляет собой инновационное решение, имеющее существенные преимущества в части экономической эффективности и уникальности свойств относительно обычно используемых природных материалов. В частности, слой из пеностекольного щебня в два раза меньше по сравнению с традиционным песочным. Наряду с этим, он выполняет сразу несколько функций: дренаж, несущее основание и защиту от морозного пучения. Что способствует оптимизации расходов на проведение земляных работ и вывоз грунта [6].

8. Резиновая крошка. Данная технология представляет собой обыкновенный асфальт с вкраплениями резиновой крошки. Эта инновация позволяет дорожному покрытию не проваливаться, не проседать и в нем почти не появляются трещины.

Сущность технологии заключается в том, что смесь нагревают до 180 градусов. В результате происходит сплавление каучука с битумом. Количество добавляемой резины составляет 10-20% от массы битума.

Асфальтовые покрытия с добавлением резиновой крошки получаются более гибкими, что позволяет увеличить период службы полотна на 5-10 лет.

Преимущества данной технологии заключаются в том, что лучшая устойчивость подобных покрытий к перепадам температуры значительно увеличивает период между ремонтами. При этом расходы на ремонтные работы сокращаются на порядок. Резиновая крошка для асфальта улучшает дренажные свойства дороги, что также существенно снижает износ дорожного полотна во время дождей.

Остановимся подробнее, на бом способе строительства автодорог, как на наиболее перспективном, на наш взгляд.

Методы и материалы

Моделирование геосинтетического материала в PLAXIS

Геосинтетический материал, применяемый в земляных сооружениях в качестве армирующей прослойки, характеризуется прочностью и деформативностью при растяжении. В геотехническом конечно-элементном пакете PLAXIS 2D эти свойства материала описываются одним параметром – нормальной жесткостью EA (кН/м). Связь между силой (N) и деформацией (ϵ) определяется выражением: $N=EA \cdot \epsilon$ или $EA = N/\epsilon$ (значения N и ϵ принимаются по данным лабораторных испытаний материала на разрыв).

Для расчета принимаются значения нормальной жесткости при 2% или 5% удлинении геоматериала в зависимости от надежности по назначению сооружения, рис. 4.

Рис. 4. Зависимости нормальной жесткости от паспортной прочности для полиэфирных материалов (геосеток и тканого высокопрочного геотекстиля)

Fig. 4. Dependencies of Normal Stiffness on Passport Strength for Polyester Materials (Geosets and Woven High-Strength Geotextile)

На контакте геоматериала и грунта вводятся контактные элементы (интерфейсы) с соответствующими коэффициентами понижения прочности R_{inter} .

Таблица 1
Table 1

Тип грунта	R_{inter}
Песок, супесь	0,98
Щебень	0,86
Суглинок, глина	0,70

После выполнения расчета необходимо оценить:

- растягивающие усилия в армирующей прослойке, которые не должны превышать F_{dl} (кН/м);
- продольные деформации геосинтетического материала, которые не должны превышать заданных значений 2% или 5%.

Таблица 2
Table 2

Длительная прочность полиэфирных материалов (геосеток и тканого высокопрочного геотекстиля) Long-Term Strength of Polyester Materials (Geosets and Woven High-Strength Geotextile)

Паспортная прочность, кН/м	40	60	80	100	150	200	300	400
F_{dl} в песке и глинистых грунтах, кН/м	15,9	23,8	31,7	39,7	59,5	79,4	119,0	158,7
F_{dl} в щебне, кН/м	15,2	22,7	30,3	37,9	56,8	75,8	113,6	151,5

Для обеспечения необходимого качества работ требуется также обеспечить слаженную и эффективную работу техники в целях обеспечения заданных параметров.

Результаты и обсуждения

Суммарные перемещения. В результате расчета была получена деформированная расчетная схема. Деформированная схема имеет ожидаемую форму с уплотнением фундамента около бровки котлована и смещением в сторону шпунта, рисунок 5. Максимальные суммарные перемещения наблюдаются в области прогнозируемой призмы обрушения (рисунок 6) и достигают максимума (7,86 мм при 2 к.з.) в шпунтовой стенке между узлом крепления анкерной тяги и дном котлована. В зоне заделки ГМ есть небольшое увеличение деформаций, носящее незначительный характер, по сравнению со значениями в прилегающей области.

Рис. 5. Деформированная расчетная схема
Fig. 5. The Deformed Settlement Scheme

Рис. 6. Изополя суммарных перемещений
Fig. 6. Isofields of Total Movements

Горизонтальные перемещения, рис. 7. Максимальные горизонтальные перемещения наблюдаются в области прогнозируемой призмы обрушения и достигают максимума (-7,08мм при 2 к.з.) в шпунтовой стенке между узлом крепления тяги ГМ и дном котлована. Горизонтальные перемещения в области заделки не превышают 2 мм.

Рис. 7. Изополя горизонтальных перемещений
Fig. 7. Isofields of Horizontal Movements

Рис. 8. Изополя вертикальных перемещений для 2 к.з.
Fig. 8. Isofields of vertical movements for 2 sq.

Вертикальные перемещения, рисунок 8. При анализе вертикальных перемещений также прослеживается прогнозируемая призма обрушения. При 2-й комбинации нагрузжений проседание грунта достигает максимума на расстоянии 3 м от бровки котлована и составляет 5,1 мм. На дне котлована наблюдается выпор грунта, что является последствием снятия напряжений от собственного веса извлеченного грунта и пластических деформаций грунта вокруг дна котлована. Максимальный выпор грунта составил 1,55 мм.

Влияние преднапряжения на деформации. При сравнении изополей перемещений вычисленных по 1-й и 2-й комбинациям наблюдается уменьшение деформаций (табл. 3). Тем самым наглядно демонстрируется эффективность применения преднапряжения для снижения деформаций грунта, что особенно важно при строительстве дорог.

Таблица 3

Влияние преднапряжения ГМ на деформации

Table 3

Effect of GM Prestress on Deformations

Комбинация загрузок	Максимальные перемещения, мм		
	Суммарные	Вертикальные	Горизонтальные
Без преднапряжения	9,07	-5,8	8,28
С преднапряжением	7,86	-5,1	7,08

В результате анализа деформированной расчетной модели можно сделать вывод о том, что перемещения лежат в допустимых пределах и потенциальная призма обрушения грунта находится в равновесии.

При удалении ГМ из схемы происходит значительное увеличение горизонтальных деформаций (до 256 мм) и моментов в шпунте (до 30 т*м), что, несомненно, приведет к обрушению грунта в сторону котлована. Приведенная выше наглядно демонстрирует необходимость дополнительного усиления шпунтовой стенки раскосами, подкосами, грунтовыми анкерами или другими конструкциями.

Рис. 9. Эпюра изгибающего момента MY (тс*м)

Fig. 9. Epyura of the Bending Moment MY (тс*м)

Выводы

Проведенный нами анализ позволяет прийти к следующим выводам. Рассмотренные в настоящей статье новые технологии в дорожном строительстве способствуют формированию качественного дорожного покрытия, продлению долговечности и прочности дорожной сети. Таким образом, использование рассмотренных нами выше инноваций становится экономически оправданным на этапе возведения и последующей эксплуатации дорожного покрытия и окупается довольно в краткие сроки, а также, в будущем позволит значительно снизить количество средств на их ремонт. Новые технологии способствуют наряду с совершенствованием качества дорог, повышению безопасности дорожного движения.

Предложена методика конечно-элементного моделирования котлована с применением ГМ; выявлена возможность применения линейного расчета для оценки усилий в работе фундамента с ГМ в первом приближении.

Расчеты наглядно показывают, уменьшение горизонтальных деформаций при применении ГМ в ограждающих конструкциях котлованов.

Уменьшение деформаций способствует стабилизации строительного процесса дорог.

Литература

1. Скрыпник Т.В., Василенко Т.Е. Инновационное развитие дорожной отрасли // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса: Материалы V международной научно-практической конференции. 2019. С. 204 – 206.
2. ГОСТ Р 52056-2003. Вязующие полимерно-битумные дорожные на основе блок-сополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия (принят и введен в действие Постановлением Госстандарта РФ от 23.05.2003 N157-ст)
3. Модифицированный битум: что мешает инновациям в дорожном строительстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ect-center.com/blog/bytum_2 (дата обращения: 07.03.2020)

4. Ключев С.В., Авилова Е.Н. Бетон для строительства оснований автомобильных дорог на основе сланцевого щебня // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С. 38 – 41.
5. Букреев И.А. Взгляд изнутри. Современные системы автоматического нивелирования для строительных машин // Строительная техника и технологии. 2011. №8. С. 78 – 81.
6. Инновации в дорожном строительстве – вклад в комфорт и качество [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://kraspro.rf/articles/samoregulirovanie/novoe_v_dorozhnom_stroitelstve_vklad_v_komfort_i_kachestvo.html (дата обращения: 07.03.2020)
7. Ключев С.В. Высокопрочный сталефибробетон на техногенных песках КМА // Технологии бетонов. 2012. №5-6 (70-71). С. 33 – 35.
8. Ключев С.В., Гафарова Н.Е. Фибробетон для монолитного строительства в условиях крыма // В сборнике: интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства Международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика. 2016. С. 49 – 53.
9. Ключев С.В., Дураченко А.В. О применении синтетической фибры для дисперсного армирования бетонов // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова» (24-26 марта 2015 г., г. Грозный). В 2-х томах. Т.1. Грозный: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», 2015. С. 324 – 328.

References

1. Skrypnik T.V., Vasilenko T.E. Innovacionnoe razvitie dorozhnoj otrasli. Nauchno-tehnicheskie aspekty razvitiya avtotransportnogo kompleksa: Materialy V mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2019. P. 204 – 206. (rus.)
2. Russian State Standart GOST R 52056-2003. Vyazhushchie polimerno-bitumnye dorozhnye na osnove blok-sopolimerov tipa stirol-butadien-stirol. Tekhnicheskie usloviya (prinyat i vveden v dejstvie Postanovleniem Goss-tandarta RF ot 23.05.2003 N157-st) (rus.)
3. Modificirovannyj bitum: chto meshaet innovacijam v dorozhnom stroitel'stve [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://ect-center.com/blog/bytum_2 (data obrashcheniya: 07.03.2020) (rus.)
4. Klyuev S.V., Avilova E.N. Beton dlya stroitel'stva osnovanij avtomobil'nyh dorog na osnove slancevogo shchebnya. Vestnik BGТУ im. V.G. SHuhova. 2013. 2. P. 38 – 41. (rus.)
5. Bukreev I.A. Vzglyad iznutri. Sovremennye sistemy avtomaticheskogo nivelirovaniya dlya stroitel'nyh mash-in. Stroitel'naya tekhnika i tekhnologii. 2011. 8. P. 78 – 81. (rus.)
6. Innovacii v dorozhnom stroitel'stve – vklad v komfort i kachestvo [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://kraspro.rf/articles/samoregulirovanie/novoe_v_dorozhnom_stroitelstve_vklad_v_komfort_i_kachestvo.html (data obrashcheniya: 07.03.2020) (rus.)
7. Klyuev S.V. Vysokoprochnyj stalefibrobeton na tekhnogennyh peskah KMA. Tekhnologii betonov. 2012. 5-6 (70-71). P. 33 – 35. (rus.)
8. Klyuev S.V., Gafarova N.E. Fibrobeton dlya monolitnogo stroitel'stva v usloviyah kryma. V sbornike: intel-lektual'nye stroitel'nye kompozity dlya zelenogo stroitel'stva Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konfer-enciya, posvyashchennaya 70-letiyu zaslužennogo deyatelya nauki RF, chlena-korrespondenta RAASN, doktora tekhnicheskikh nauk, professora Valeriya Stanislavovicha Lesovika. 2016. P. 49 – 53. (rus.)
9. Klyuev S.V., Durachenko A.V. O primenenii sinteticheskoy fibry dlya dispersnogo armirovaniya betonov. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 95-letiyu FGBOU VPO «GGNTU im. akad. M.D. Millionshchikova» (24-26 marta 2015 g., g. Groznyj). V 2-h tomah. T.1. Groznyj: FGUP «Izdatel'sko-poligraficheskij kompleks «Grozneniskij rabochij», 2015. P. 324 – 328. (rus.)

**Odenbakh I.A. *, Candidate of Pedagogic Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Taurit E.B., Senior Lecturer,
Orenburg State University, Russia**

*Corresponding author E-mail: Odenbakh@yandex.ru

SOME NEW TECHNOLOGIES IN ROAD CONSTRUCTION

Abstract: this article discusses some new modern technologies in the construction of highways. The paper analyzes the use of such innovations as: various modifiers added to bitumen; advanced technologies of engineering surveys and computer-aided design of highways; geosynthetic materials for reinforcing the roadbed and asphalt concrete pavement; PBB; bituminous polymer road belts; geotextile; foam-glass rubble; rubber crumb. The advantages of using innovations in road construction are highlighted. Obstacles to the use of certain technologies are noted, taking into account the Russian reality.

The author concludes that the use of innovative materials becomes economically justified at the stage of construction and subsequent operation of the road surface. New technologies can not only improve the quality of roads, but also improve road safety.

Innovations lead to progressive changes and ensure the dynamic development of the construction industry, primarily by reducing the cost and timing of construction, improving the quality of constructed facilities, and improving the comfort of living and operation.

The paper discusses classical methods for the design works of the foundation and the GM made a review of modern structures and technologies on their device. In order to assess the possibility of using linear calculation for sheet piling fences, deep pit modeling was performed in the SCAD and PLAXIS software systems.

The results of the work are the following conclusions:

1. the method of increasing the efficiency of technologies at the device walling of the pit is proposed;
2. a finite element model of soil and GM collaboration was created.

To evaluate the effectiveness of the options, we used decision-making methods based on optimization criteria, taking into account the degree of risks involved in the work.

It is established that the necessary factor is the geotechnical support of technological impacts, which allows monitoring of works on the degree of safety and impact on highways.

Keywords: road construction, innovations, polymerasphalobetone, geotextile, 3D levelling, road surface, foamed glass crushed stone, rubber crumb, polymer-bitumen binder, road construction equipment, reinforcement

Для цитирования: Оденбах И.А., Таурит Е.Б. Некоторые новые технологии в дорожном строительстве// Строительные материалы и изделия. 2020. Том 3. №1. С. 62 – 69. DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-1-62-69

For citation: Odenbakh I.A., Taurit E.B. Some new technologies in road construction. Construction Materials and Products. 2020. 3 (1). P. 62 – 69. DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-1-62-69

Поступила в редакцию 3 декабря 2019 г.

Принята в доработанном виде 25 декабря 2019 г.

Одобрена для публикации 10 февраля 2020 г.

Received: December 3, 2019.

Revised: December 25, 2019.

Accepted: February 10, 2020.