

DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-4-21-26

*Овсянников С.И. \*, кандидат технических наук, доцент,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия,  
Суска А.А.,  
Шевченко С.А.,  
Харьковский национальный технический университет  
сельского хозяйства им. Петра Василенко, Украина*  
\*Ответственный автор E-mail: [ovsrg@mail.ru](mailto:ovsrg@mail.ru)

## ФОРМИРОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КУПОЛЬНЫХ СТРОЕНИЙ ДЛЯ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

**Аннотация:** районы Крайнего Севера имеют большое значение в экономическом развитии Российской Федерации. Суровые климатические условия Арктики определяют требования к жилым строениям, в частности обеспечения теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций сборно-разборных строений для проживания рабочих, работающих вахтовым методом. В работе произведен расчет нормированных значений термического сопротивления ограждающих конструкций, разработана конструкция и состав стен и перекрытий сборно-разборных строений. Для обеспечения требуемого термического сопротивления при минимальной толщине конструктивных элементов предложено применить жидкую теплоизоляцию на внутренней поверхности стен.

**Ключевые слова:** теплоизоляция, ограждающие конструкции, купольные строения, конструктивные материалы, теплоизоляционные покрытия

### Введение

До недавнего времени районы Крайнего Севера, особенно территория Северного ледовитого океана, были мало изучены как географические объекты, так и в разведке полезных ископаемых. В конце 20, начале 21 столетия с появлением прогрессивных средств транспортировки, разведки и навигации появилась возможность не только изучить географические объекты, но и разведать залежи полезных ископаемых. В первую очередь это запасы энергетического сырья. По оценкам американских исследователей [1] примерно 22 % мировых запасов нефти и газа находятся в Арктической зоне. Это прибрежные зоны Аляски, шельф Баренцева моря и российское побережье Северного Ледовитого океана. Эти районы богаты и другими ископаемыми. Так Норвегия добывает уголь на острове Шпицбергене, где расположена самая богатая шахта в Европе [2]. В Арктике и на Крайнем Севере добывают золото, никель, алмазы, цинк, свинец, железо и др. полезные ископаемые. Интенсивно ведется разведка новых месторождений.

Из-за суровости климатических условий работы по разведке полезных ископаемых в районах Крайнего Севера проводятся вахтовым методом. Стоянки вахтовиков обустроиваются на необорудованных местах, в зоне вечной мерзлоты. Поэтому одним из требований к данным строениям является возможность многократного монтажа-демонтажа и транспортировки сборочных элементов. Как отмечалось в работе [3] для районов Крайнего Севера целесообразно использовать модульные разборно-сборные строения купольной формы. Использование таких строений обеспечит высокую устойчивость к ветровым нагрузкам, равномерность распределения тепла внутри помещения, рациональный расход строительных материалов и внутреннего пространства. Разработка конструкции каркаса купольных строений довольно проста и основана на законах сферической геометрии. Для расчета конструктивных элементов применяется специальный калькулятор [4], с помощью которого производится расчет всей конструкции, сборочных элементов и узлов, а также отдельных деталей. Сборочные элементы выполняются в форме треугольников нескольких типоразмеров, что позволяет унифицировать конструкцию и упростить сборку каркаса строения.

Ограждающие конструкции купольных строений должны обеспечить достаточную прочность и защиту помещений от тепловых потерь. В настоящее время на рынке строительных материалов достаточно широко представлены теплоизоляционные материалы в виде плит, рулонов, пленочных покрытий [5-7]. Теплотехнические характеристики этих материалов в отдельности представлены в справочных материалах. Но при формировании ограждающих конструкций с комбинированным использованием различных видов теплоизоляционных и конструктивных материалов, информация о теплотехнических показателях или методика их расчета в справочной литературе не представлена. Целью данной работы является обоснование и подбор теплоизоляционных материалов для ограждающих конструктивных элементов купольных строений для районов Крайнего Севера и Арктической зоны и оценка их теплофизических свойств.

### Методы и материалы

В работе предложена методика оценки теплопроводности сборных ограждающих конструкций и лабораторное оборудование для оценки теплопроводности и теплового сопротивления сборных ограждающих конструкций. Расчет нормированного сопротивления теплопередачи осуществлялся по методике, изложенной в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Оценка теплопроводности отдельных материалов осуществлялась с помощью измерителя теплопроводности ИТС-1 (рис. 1). Тепловое сопротивление сборных ограждающих конструкций оценивалось путем климатических испытаний с использованием шкафа КРК-400 ИЛКА (рис. 2). Для оценки теплопроводных свойств сборных панелей была разработана лабораторная камера с высокими теплозащитными свойствами. Фасад камеры сменный, на место которого устанавливались образцы со сборными теплозащитными материалами. Оценка теплового сопротивления ограждающей конструкции осуществлялась путем определения разности температур внутри климатической установки КРК-400 ИЛКА и внутри лабораторной камеры. Теплопроводность и теплоемкость корпуса лабораторной камеры определялись заранее. Экспериментальные образцы панелей изготавливались таким образом, чтобы помещались в проем лабораторной камеры.

### Результаты и обсуждения

В соответствии с климатической картой РФ к зонам Крайнего Севера относятся районы, у которых градусо-сутки отопительного периода превышают значение 6000. Наибольшее значение имеет Верхоянск (республика Саха) (12300 градусо-сутки), который считается полюсом холода в России. Нормы сопротивления теплопередаче  $R$  ( $\text{м}^2 \text{°K/Вт}$ ) должны быть не менее: для стен 5,7, перекрытий 7,4. Чуть лучшие климатические показатели имеют Якутск и Дудинка (10400 градусо-сутки), Уренгой и Анадырь (9500 градусо-сутки), Воркута (8900 градусо-сутки), Нарьян-Мар (7888 градусо-сутки), Магадан, Сургут и другие регионы.

Как видно из представленных данных, в самых тяжелых условиях по температурному режиму находится Верхоянск. Поэтому расчеты будем проводить для данного населенного пункта.



Рис. 1. Общий вид измерителя теплопроводности ИТС-1

Fig. 1. General view of the ITS-1 thermal conductivity meter



Рис. 2. Шкаф для климатических испытаний КРК-400 ИЛКА

Fig. 2. Case for climatic tests of KPK-400 ILKA

Город Верхоянск расположен на границе умеренного и субарктического поясов. Зима экстремально холодная, сухая и длительная, лето короткое, но тёплое и относительно сухое (бывают и жаркие периоды), зачастую возможны резкие похолодания и заморозки. Установлено, что в Верхоянске самая большая разница максимальной и минимальной температур. Осадков выпадает очень мало, порядка 150-200 мм в год, что сравнимо с количеством осадков в пустынях. Среднегодовая температура составляет  $-14,5^{\circ}\text{C}$ , а среднегодовая скорость ветра до 1,4 м/с. Среднегодовая влажность воздуха при этом составляет 69%. Холодная пятидневка составляет  $-58^{\circ}\text{C}$ . Отопительный сезон в среднем составляет 272 суток, а средняя температура в этот период  $-25^{\circ}\text{C}$ . Влажность воздуха при этом небольшая, в наиболее холодного месяце в среднем составляет 74%.

Расчет выполнялся для перекрытия над холодным подвалом, сообщаемым с наружным воздухом, что соответствует строениям на свайном фундаменте. Расчет термического сопротивления ограждающих конструкций в случаях многослойного состава выполним в соответствии с методикой, изложенной в СП 50.13330.2012. Значения нормированного термического сопротивления для перекрытий над неотапливаемым пространством, что соответствует перекрытиям на свайных фундаментах с открытым подпольным пространством, в условиях Верхоянска определим методом обратного расчета. Установлено, что норма сопротивления теплопередаче должна быть не менее  $5,7 \text{ м}^2 \text{°K/Вт}$ , которую принимаем за нормированное значение. Тогда, суммарное сопротивление будет равно:

$$R_{\text{с}} = R_{\text{в}} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = 7,4 + \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} = 7,56, \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт} \quad (1)$$

где  $R_{\text{пр}}$  – приведенное термическое сопротивление стеновых ограждающих конструкций, в данном случае равно допустимому в соответствии с нормативами;

$\alpha_{\text{в}}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{К}$ ;

$\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности;

$\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{К}$ .

На основании требований к ограждающим элементам купольных строений принято, что конструкция каркаса сборочных элементов будет изготавливаться из сосновой или еловой доски сечением 50x150 мм. В качестве заполнителя внутреннего пространства предложено использовать пенополиуретан (ППУ), т.к. данный материал имеет самый низкий коэффициент теплопроводности,  $\lambda = 0,02 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{К}$  и не подвержен поражению гнили и насекомыми. Толщина слоя ППУ равна толщине каркасного бруса и составляет 150 мм.

Первоначальный состав сборочных элементов был принят следующий:

1. Плита OSB-3 толщиной 12 мм, которая обеспечит защиту помещения от продуваемости и устойчивость каркаса от воздействия касательных сил на корпус строения;

2. Замкнутая воздушная прослойка толщиной 25 мм, обеспечивается с помощью деревянных реек такой же толщины. Использование замкнутой воздушной прослойки обеспечит зазор между утеплителем и внутренней панелью, т.к. в месте контакта возможно накопление влаги, что будет способствовать снижению теплоизоляционных свойств утеплителя. Замкнутая воздушная прослойка также является хорошим теплоизолятором, т.к. толщина прослойки небольшая и воздух в ней неподвижен [10].

3. Парозащитная мембрана, которая обеспечит защиту теплоизоляционных материалов от проникновения паров влаги и их накопления в теплоизоляторе в виде капель росы. В качестве мембраны предлагается использовать алюминиевую фольгу толщиной 0,1 мм.

4. Сборочные элементы купольной конструкции выполняются треугольной формы. Каркас элементов изготавливают из досок хвойных пород древесины, сечением 50x150 мм. В качестве заполнителя и теплоизолятора используется пенополиуретан толщиной 150 мм.

5. Замкнутая воздушная прослойка толщиной 25 мм, предназначенная для исключения контакта утеплителя с поверхностями, контактирующими с наружным воздухом. Это обеспечит снижение образования конденсата в утеплителе, что может привести к ухудшению или полной утрате его теплоизоляционных свойств. Воздушная прослойка также служит теплоизолятором.

6. Влаго- ветрозащитная мембрана, которая обеспечит защиту конструкционного элемента от попадания наружной влаги из окружающей среды и вывода пара и влаги, образующихся в замкнутой прослойке.

7. Цементно-стружечная плита ЦСП толщиной 12 мм, которая обеспечит прочность и жесткость конструкционного элемента с внешней стороны каркаса.

8. Битумная черепица толщиной 3 мм для защиты строения от внешних осадков в виде дождя, снега и росы.

По расчетным данным термическое сопротивление деревянного каркаса сборочных элементов составит  $R_{\text{карк}} = 1,07 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт}$ , утеплителя  $R_{\text{карк}} = 6,25 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт}$ , суммарное сопротивление теплопередаче всей конструкции составит  $R = 5,37 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт}$ , что значительно меньше нормативных значений поэлементных требований ( $R_{\text{T}} = 7,56 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт}$ ). По полученным данным можно сделать вывод, что данная конструкция каркаса не обеспечит тепловую защиту строения.

Для улучшения теплоизоляционных свойств было предложено увеличить толщину каркаса панели совместно с утеплителем до 200 мм. В этом случае суммарное термическое сопротивление составляет  $R = 6,87 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт}$ . Испытания показали, что ограждающая конструкция удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам по тепловой защите и нормируемому значению поэлементных требований, но недостаточна для базового значения поэлементных требований  $R_{\text{T}}$ .

Дальнейшее увеличение толщины каркаса значительно усложнит сборку строения и увеличит объем элементов при транспортировке и складировании. Поэтому, для повышения теплового сопротивления было предложено использовать жидкую теплоизоляцию. На основе обзора рынка жидких теплоизоляционных материалов, выбор был остановлен на теплоизоляционной краске Корунд [8]. Теплоизоляция Корунд имеет малый расход и достаточно экономична. Теплоизоляционные свойства обеспечиваются наличием в составе краски микроскопических пустотелых шариков, изготовленных из керамики, полимеров, композитов, стекла. Шарики заполнены разреженным воздухом. Микрочастицы в виде шариков разнятся по составу, разме-

ру, процентному соотношению, однородности. Основной жидкой теплоизоляции является водно-акриловый раствор, применение которого позволяют равномерно наносить теплоизоляционный слой по обрабатываемой поверхности. В состав краски входят специальные добавки и фиксаторы, которые улучшают эксплуатационные параметры краски: антикоррозионные и фиксирующие добавки, катализирующие вещества, натуральные и искусственный каучук, силикон. Добавки обеспечивают хорошую адгезию краски с основанием, герметизацию швов и стыков. Температурный диапазон эксплуатации варьируется в пределах от -65°C до +260°C, что соответствует условиям Крайнего Севера.

Жидкую краску-термоизоляцию можно колеровать и наносить с помощью кисти, валика или краскопульты. Состав наносится в три слоя, при этом расход должен составлять около 1 л/м<sup>2</sup>. Теплопроводность слоя толщиной 1 мм составляет 0,0011 Вт/м °К.

Внешне покрытие из керамической краски практически не отличается от обычных красок на акриловой основе.

Теплоизоляционные свойства покрытия из теплоизоляционной краски достигаются несколькими способами:

- посредством конвекции, т.е. переносом тепла самим слоем теплоизоляционной краски. Так, как основная часть жидкой изоляции состоит из пустотелых шариков, конвекция тепла настолько мала, что практически не ощущается.

- низкой теплопроводностью материала от более нагретых частей к более холодным. В жидкой изоляции теплопроводным материалом является связующее, которого в краске только 20%.

- излучение – перенос тепла посредством внутренней энергии суспензии. Микроскопические шарики в составе жидкой изоляции имеют свойства отражать и рассеивать тепловые лучи. Отражаемое излучение поверхности превращает рабочую поверхность в аналог термоса.

Наряду с преимуществами жидкой теплоизоляции имеются и недостатки. Основным недостатком, сдерживающим их применение, является высокая стоимость жидкой теплоизоляции.

Состав конструктивных элементов ограждающей конструкции с учетом применения теплоизоляционной краски Корунд, их теплофизические свойства представлены в табл. 1.

В результате экспериментальных исследований было установлено, что при нанесении теплоизоляционной краски Корунд с внутренней стороны помещения по поверхности OSB термическое сопротивление составит  $R=7,94 \text{ м}^2 \text{ °К/Вт}$ , а при нанесении по наружной поверхности ЦСП под битумную черепицу термическое сопротивление составит  $R=7,87 \text{ м}^2 \text{ °К/Вт}$ . В случае нарушения герметичности замкнутой воздушной прослойки с наружной стороны элементов каркаса и возникновения продуваемости данного пространства, при нанесении теплоизоляционной краски Корунд на внутреннюю поверхность OSB обеспечит термическое сопротивление в пределах  $R=7,69 \text{ м}^2 \text{ °К/Вт}$ , что выше нормативных значений. Таким образом, можно сделать вывод, что при незначительном дефиците теплозащитных свойств ограждающих конструкций добиться нормативных значений теплозащитных свойств возможно при использовании теплоизоляционных жидких покрытий.

Расчет защиты от переувлажнения был выполнен на основе метода безразмерных величин. В результате расчета установлено, что ограждающая конструкция удовлетворяет нормам по защите от переувлажнения. В частности, сопротивление паропроонианию от внутренней поверхности конструкции до плоскости максимального увлажнения составляет  $R_p(v)=110 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$  при норме  $R_{p.tr}(1)= R_{p.tr}(2) 5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$ . Деревянные конструкции необходимо защитить от поражений грибами, насекомыми и огня [9]. С этой целью предложено использовать антисептики и антипирены Сенез.

Таблица 1

**Состав конструкции элементов купольных строений и их теплофизические свойства**

Table 1

**Composition of the dome buildings elements design and their thermophysical properties**

№ слоя	Материал	Толщина, мм	Коэф. теплопроводности $\lambda$ , Вт/м·°К	Термическое сопротивление R, м <sup>2</sup> °К/Вт
Внутри температура +20 °С				
1	Термокраска Корунд	1	0,0011	0,91
2	Ориентировано-стружечная плита OSB-2 (OSB-3)	12	0.13	0.09
3	Замкнутая воздушная прослойка	25		0,30
4	Алюминиевая фольга	0,1		0

Продолжение таблицы 1  
Table continuation 1

5	Каркасный элемент: периметр – сосна, наполнитель – пенополиизоционурат (PIR)	200		5,94
6	Замкнутая воздушная прослойка	25		0,19
7	Влаго-ветрозащитная мембрана	0,1		0
8	Цементно-стружечная плита (ЦСП)	12	0,23	0,02
9	Битумная черепица	3	0,17	0,02
Снаружи температура -10 °С				

### Выводы

1. По климатическим данным теплотехнические расчеты проводились для условий Верхоянска республики Саха, как общепризнанного полюса холода. Для данного района рассчитаны нормативные значения теплового сопротивления: по санитарно-гигиеническим требованиям – 4,09 (м<sup>2</sup>•°С)/Вт, по нормируемому значению поэлементных требований – 6,02 (м<sup>2</sup>•°С)/Вт, по базовому значению поэлементных требований – 7,53 (м<sup>2</sup>•°С)/Вт.

2. Разработана конструкция теплозащитной панели конструктивных элементов купольных строений для условий Верхоянска, состоящая из следующих элементов: теплоизоляционная краска Корунд толщиной 1 мм; ОСП 12 мм; воздушная прослойка 25 мм; паро- влагозащитная алюминиевая фольга; деревянный каркас толщиной 200 мм заполненный теплоизоляцией на основе PIR толщиной 200 мм; воздушная прослойка 25 мм; влаго- ветрозащитная мембрана; цементно-стружечная плита плотностью 400 кг/м<sup>3</sup> и толщиной 12 мм; битумная черепица толщиной 3 мм.

### Литература

1. US Congressional Hearing. «Strategic Importance of the Arctic in US Policy» P. 15.
2. Important dates in Store Norske's history. <https://web.archive.org/web/20160129125450/http://www.snsk.no/important-dates-in-store-norskeshistory.145749.en.html>
3. Овсянников С.И., Родионов А.С. Обоснование эффективных строений для Крайнего Севера // Вестник науки и образования Северо-Запада России. Калининград, 2017. Т. 3. №1. С. 107 – 114. / <http://vestnik-nauki.ru>
4. Geodesic dome calculator [Электронный ресурс]. Access Point: <http://acidome.ru/lab/calc>
5. Lam T.V., Vu D.T., Dien V.K., Bulgakov B.I. at al. Properties and thermal insulation performance of light-weight concrete // Magazine of Civil Engineering. 2018. 84 (8). P. 173 – 191.
6. Cherevatova A.V., Zhernovsky I.V., Kozhukhova M.I., Alehin D.A. The development of composite nanostructured gypsum binder with enhanced heat resistance performance // Materials Science Forum. 2019. №945. P. 293 – 298.
7. Vatin N.I., Pestryakov I.I., Sultanov Sh.T., Ogidan T.O. Water vapour by diffusion and mineral wool thermal insulation materials // Magazine of Civil Engineering. 2018. №81 (5). P. 183 – 192.
8. <http://корунд.рф/products/> (дата обращения: 17.04.2019)
9. Ovsyannikov S.I., Dyachenko V.Y. Wooden nano-composite materials and prospects of their application in wooden housing construction // Materials Science Forum 931 MSF. 2018. P. 583 – 588.
10. Incropera, Frank P. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 4th Edition. Wiley. 493.

### References

1. US Congressional Hearing. «Strategic Importance of the Arctic in US Policy» P. 15.
2. Important dates in Store Norske's history. <https://web.archive.org/web/20160129125450/http://www.snsk.no/important-dates-in-store-norskeshistory.145749.en.html>
3. Ovsyannikov S.I., Rodionov A.S. Obosnovanie effektivnyh stroenij dlya Krajnego Severa. Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii. Kaliningrad, 2017. 3 (1). P. 107 – 114. <http://vestnik-nauki.ru> (rus.)
4. Geodesic dome calculator [Elektronnyj resurs]. Access Point: <http://acidome.ru/lab/calc>
5. Lam T.V., Vu D.T., Dien V.K., Bulgakov B.I. at al. Properties and thermal insulation performance of light-weight concrete. Magazine of Civil Engineering. 2018. 84 (8). P. 173 – 191.

6. Cherevatova A.V., Zhernovsky I.V., Kozhukhova M.I., Alehin D.A. The development of composite nanostructured gypsum binder with enhanced heat resistance performance. *Materials Science Forum*. 2019. 945. P. 293 – 298.
7. Vatin N.I., Pestryakov I.I., Sultanov Sh.T., Ogidan T.O. Water vapour by diffusion and mineral wool thermal insulation materials. *Magazine of Civil Engineering*. 2018. 81 (5). P. 183 – 192.
8. <http://korund.rf/products/> (data obrashcheniya: 17.04.2019)
9. Ovsyannikov S.I., Dyachenko V.Y. Wooden nano-composite materials and prospects of their application in wooden housing construction. *Materials Science Forum* 931 MSF. 2018. P. 583 – 588.
10. Incropera, Frank P. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 4th Edition. Wiley. 493.

*Ovsyannikov S.I. \*, Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,  
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia,  
Suska A.A.,  
Shevchenko S.A.,*

*Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petro Vasilenko, Ukraine*

\*Corresponding author E-mail: [ovsrg@mail.ru](mailto:ovsrg@mail.ru)

### THE FORMATION OF THE HEAT-INSULATING PROTECTING STRUCTURES OF DOME BUILDINGS TO THE FAR NORTH

**Abstract:** the regions of the Far North are of great importance in the economic development of the Russian Federation. The harsh climatic conditions of the Arctic predetermine the requirements for residential buildings, in particular to ensure the thermal insulation properties of the enclosing structures of prefabricated buildings for living workers working in shifts. In this paper the calculation of the normalized values of thermal resistance of the protecting designs is made, the design and structure of walls and overlappings of collapsible structures is developed. To ensure the required thermal resistance at a minimum thickness of structural elements, it is proposed to apply liquid thermal insulation on the inner surface of the walls.

**Keywords:** thermal insulation, enclosing structures, dome structures, structural materials, thermal insulation coatings

**Для цитирования:** Овсянников С.И., Суска А.А., Шевченко С.А. Формирование теплоизоляционных ограждающих конструкций купольных строений для районов крайнего севера // *Строительные материалы и изделия*. 2019. Том 2. №4. С. 21 – 26. DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-4-21-26

**For citation:** Ovsyannikov S.I., Suska A.A., Shevchenko S.A. The formation of the heat-insulating protecting structures of dome buildings to the Far North. *Construction Materials and Products*. 2019. 2 (4). P. 21 – 26. DOI:10.34031/2618-7183-2019-2-4-21-26

*Поступила в редакцию 8 апреля 2019 г.  
Принята в доработанном виде 2 мая 2019 г.  
Одобрена для публикации 15 июня 2019 г.*

*Received: April 8, 2019.  
Revised: May 2, 2019.  
Accepted: June 15, 2019.*