

5. Kazymov, I.M. Matematicheskaya model metodiki opredeleniya nezakonnykh podklyucheniy v raspredelitelnoy seti / I.M. Kazymov, B.S. Kompaneets // Gorizonty obrazovaniya. – 2016. – No.18 – S. 32-34.

6. Karapetyan, I.G. Spravochnik po proektirovaniyu elektricheskikh setey / I.G. Karapetyan,

D.L. Faybisovich, I.M. Shapiro; pod red. D.L. Faybisovicha. – Moskva: ENAS, 2012. – 376 s.: il.

7. Tingaev, A.V. Optimizatsiya protyazhennosti liniy elektroperedach pri podklyuchenii selskokhozyaystvennykh potrebiteley s ispolzovaniem WEB-tekhnologiy / A.V. Tingaev, A.A. Shevchenko // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 4 – S. 186-191.



УДК 629.083

Е.М. Таусенев
Ye.M. Tausenev

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ТОПЛИВОПРОВОДОВ ДИЗЕЛЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

THERMAL INSULATION OF DIESEL FUEL LINES DURING REPAIR WORKS

Ключевые слова: топливопровод, теплоизоляция, технология, температура, подогрев, охлаждение, дизельное топливо, топливная система, ремонтные работы.

Предлагаемая технология может быть использована при техническом сервисе машин с дизелями, в том числе сельскохозяйственных. Технология помогает предотвратить излишний нагрев или охлаждение топлива, так как это негативно влияет на эксплуатационные показатели дизелей. Теплоизоляция топливопроводов, совмещенное с установкой оборудования по подогреву – охлаждению топлива, позволит более эффективно управлять его температурой. На сегодняшний день в новых машинах с дизелями теплоизоляция на топливопроводах заводами-изготовителями не применяется. Владельцы дизельных машин самостоятельно пытаются решить эту проблему, используя неподходящие или некачественные материалы. В статье представлены исследования 3 образцов топливопроводов в тепловой камере, изготовленных из стальной окрашенной трубки с размерами $\varnothing 8,4 \times \varnothing 4,5 \times 150$ мм и наполненных дизельным топливом. Два образца имеют теплоизолятор толщиной 2 и 5 мм, оболочку и обмотку. В качестве теплоизолятора применён вспененный полиэтилен. Приведены технические характеристики всех использованных материалов и рекомендации по монтажу. Температура воздуха в тепловой камере поддерживалась на уровне $75 \pm 1^\circ\text{C}$. Длительность испытаний составила 300 с. При сравнении образцов без теплоизолятора и с теплоизолятором толщиной 5 мм разница в темпе нагрева топлива составила 3,4 раза, разность по конечной температуре топлива 19°C . Для образца с теплоизолятором толщиной 2 мм

разница в темпе нагрева топлива составила 2,4 раза, разность по конечной температуре топлива 14°C . В исследованных образцах увеличение толщины теплоизолятора положительно влияет на полученный результат, но при этом увеличиваются наружный диаметр топливопровода, а также материальные и трудовые затраты. В каждом конкретном случае следует выбирать достаточную толщину теплоизолятора. В некоторых случаях применение теплоизоляции может приводить к отрицательному эффекту.

Keywords: fuel line, thermal insulation, technology, temperature, heating, cooling, diesel, fuel system, repair works.

The proposed technology may be used in technical service of machinery with diesel engines, including agricultural machinery. The technology helps to prevent excessive heating or cooling of the fuel as this negatively affects the performance of diesel engines. Heat insulation of fuel lines combined with installation of equipment for fuel heating - cooling will allow controlling its temperature more effectively. To date, new diesel-powered machines do not use thermal insulation on fuel lines by manufacturers. The owners of diesel-powered machines themselves try to solve this problem by using inappropriate or poor quality materials. This paper discusses the studies of 3 samples of fuel lines in the heat chamber; the samples are steel painted tubes with dimensions $\varnothing 8.4 \times \varnothing 4.5 \times 150$ mm and filled with diesel fuel. Two samples have heat insulator with thickness of 2 and 5 mm, shell and winding. Foamed polyethylene is used as heat insulator. This paper presents the specifications of all used materials and installation recommendations. The air temperature in the heat chamber was maintained at $75 \pm 1^\circ\text{C}$.

The duration of the tests was 300 seconds. When comparing the samples without heat insulator and with heat insulator with thickness of 5 mm, the difference in fuel heating rate was 3.4 times, the difference in final fuel temperature was 19°C. For the sample with 2 mm thick heat insulator, the difference in fuel heating rate was 2.4 times, the difference in final fuel temperature was 14°C. In the tested samples, the

increase in the thickness of the heat insulator positively affects the obtained result, but the outer diameter of the fuel line as well as the material and labor costs are increased. In each particular case, a sufficient thickness of the heat insulator should be selected. In some cases, the use of thermal insulation may have a negative effect.

Таусенев Евгений Михайлович, к.т.н., доцент, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: tausenev_e_m@bk.ru.

Tausenev Yevgeniy Mikhaylovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: tausenev_e_m@bk.ru.

Введение

Теплоизоляция топливopоводов дизельной техники обосновано в предыдущих работах автора [1, 2] и сводится к необходимости предотвратить излишний нагрев или охлаждение топлива, так как это отрицательно сказывается на эксплуатационных показателях этих машин [3]. Указанное мероприятие, совмещенное с установкой оборудования по подогреву – охлаждению топлива, позволит более эффективно управлять его температурой.

На сегодняшний день в новой технике с дизельными двигателями теплоизоляция на топливopоводах заводами-изготовителями не применяется. Владельцы дизельной техники самостоятельно пытаются разработать и реализовать технологию теплоизоляции топливopоводов дизеля, используя для этого неподходящие или некачественные материалы [4].

Целью исследования является снижение темпа нагрева дизельного топлива в топливopоводе, подогреваемом с внешней стороны. **Задачи** исследования: разработать технологию теплоизоляции топливopоводов; изготовить образцы; провести сравнительные испытания образцов.

Объект и методы исследования

В качестве объекта исследования выступает топливopовод дизеля, подвергаемый экспериментальному исследованию.

В ходе работы были изготовлены 3 образца топливopоводов. Основа 3 образцов – стальная окрашенная трубка с размерами $\varnothing 8,4 \times \varnothing 4,5 \times 150$ мм (образец № 1). Два оставшихся образца дополнительно содержат в себе теплоизолятор, оболочку и обмотку, их внешний вид

представлен на рисунке 1, их отличия заметны из таблицы 1.



Рис. 1. Теплоизолированный топливopовод: чёрный – образец № 2; белый – образец № 3

Таблица 1

Особенности образцов

Номер образца	1	2	3
Наружный диаметр трубки, мм	8,4	8,4	8,4
Внутренний диаметр трубки, мм	4,5	4,5	4,5
Длина трубки, мм	150	150	150
Толщина теплоизолятора, мм	0	2	5
Номинальный диаметр оболочки, мм	0	16	20

Теплоизолятор сдерживает перенос тепла в обе стороны. Оболочка обеспечивает защиту теплоизолятора от механических повреждений. Если между оболочкой и теплоизолятором обеспечена замкнутая воздушная прослойка, то воздух дополнительно теплоизолирует, имея коэффициент λ_{20} теплопроводности, равный 0,0259 Вт/(м °С) [5]. Обмотка обеспечивает сожмнутость оболочки с разрезом и герметизирует

пространство между теплоизолятором и оболочкой.

В предложенном варианте в качестве теплоизолятора был применён пенополиэтилен, поставляемый в рулонах (рис. 2), имеющий технические характеристики, сведённые в таблицу 2. Перед монтажом от рулона отрезается лента необходимой длины и ширины.

При толщине теплоизолятора не более 3 мм будет удобно выполнить его намотку на топливопровод. Ширину ленты теплоизолятора принять равной 15-19 мм, обеспечить намотку ленты без промежутков и перехлёстов.



Рис. 2. Вспененный полиэтилен в рулоне

Таблица 2

Технические характеристики теплоизоляторов образцов № 2, 3 [6]

Материал	Пенополиэтилен
Толщина, мм	2; 5
Диапазон рабочих температур, °С	-80...+95
Коэффициент теплопроводности по ГОСТ 7076, Вт/(м·К)	0,039-0,05
Удлинение при разрыве, %	100-160
Группа горючести по ГОСТ 30244	Г1 (самостоят. не горит)

Если толщина теплоизолятора более 3 мм, лучше обойтись без намотки, охватив топливопровод так же, как при использовании теплоизолятора в виде трубы.

В обоих случаях теплоизолятор следует зафиксировать алюминиевой клейкой лентой «НСТ ПРОФИ».

Указанной ленты представлены на рисунке 3 и в таблице 3.



Рис. 3. Алюминиевая клейкая лента «НСТ ПРОФИ»

Таблица 3

Технические характеристики алюминиевой клейкой ленты «НСТ ПРОФИ» [7]

Материал основы	Алюминиевая фольга
Клеевой слой	Синтетич. каучук модифицированный
Температура монтажа, °С	-30...+65
Температура эксплуатации, °С	-40...+120

В качестве оболочки использовалась гибкая электротехническая гофрированная труба марки Octopus из самозатухающего полипропилена (рис. 4). Её технические характеристики приведены в таблице 4.

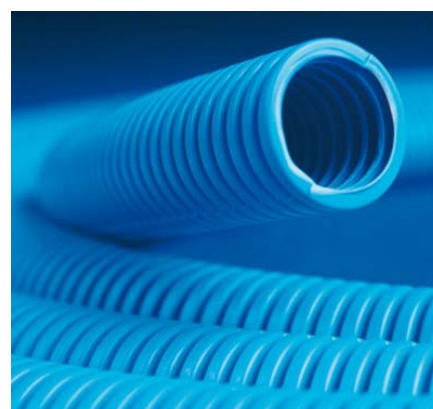


Рис. 4. Гибкая электротехническая гофрированная труба

Гофрированная оболочка на изогнутых участках топливопровода не изменяет формы своего

сечения, что облегчает её монтаж и не деформирует теплоизолятор.

Таблица 4

Технические характеристики оболочки образцов № 2, 3 [8, 9]

Марка	Octopus
Серия	Тяжёлая
Материал	Полипропилен
Номинальный диаметр, мм	16; 20
Прочность при сжатии, Н	320
Рабочая температура, °С	-40...105
Радиус изгиба (статический), мм	48; 60
Распространяет горение	Нет

В качестве оболочки использовалась электроизоляционная лента из ПВХ марки safeLine (далее – обмотка), внешний вид которой представлен на рисунке 5, а её технические характеристики – в таблице 5.



Рис. 5. Электроизоляционная лента марки safeLine

Таблица 5

Технические характеристики обмотки [10]

Марка	safeLine
Серия	PRO
Материал	Поливинилхлорид
Размеры	0,15 мм×15 мм×20 м
Диапазон рабочих температур, °С	- 50...+80
Относительное удлинение при разрыве, %	200
Распространяет горение	Нет

Взамен использованного в исследовании вспененного полиэтилена автором предлагается в

дальнейшем применять более удобный вариант теплоизолятора: самоклеящуюся ленту K-flex ST (рис. 6). Она используется в промышленных трубопроводах, отоплении и водоснабжении, на объектах нефтехимии и в холодильной технике. Коэффициент теплопроводности этого материала не хуже, чем у вспененного полиэтилена (табл. 6). Он представляет собой мягкую клейкую ленту из вспененного каучука, на одну сторону которой нанесен акриловый клей на основе растворителя.

Перед использованием ленты нужно обезжирить поверхность топливопровода, просушить и выполнить намотку ленты без перехлестов и промежутков. Толщину ленты K-flex ST, составляющую 3 мм, можно считать приемлемой во многих случаях при её наложении в 1-2 слоя.

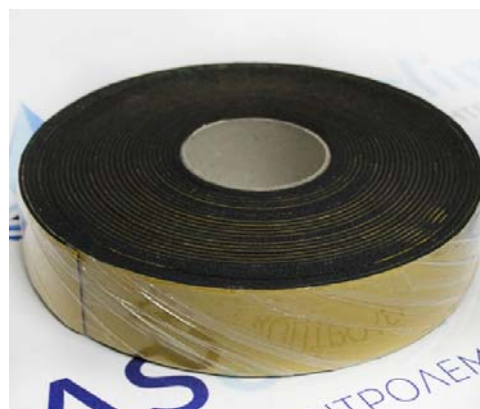


Рис. 6. Самоклеящаяся лента марки K-flex ST

Таблица 6

Технические характеристики самоклеящейся ленты K-flex ST [11, 12]

Размеры	3 мм×15 мм×10 м
Материал основы	Вспененный каучук
Материал клея	Акриловый
Коэффициент теплопроводности по ГОСТ 7076, Вт/(м·К)	0,032-0,040
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+93
Группа горючести по ГОСТ 30244	Г1 (самостоят. не горит)

Дополнительные рекомендации по монтажу:

- 1) при монтаже теплоизоляции её значительные деформации не допускаются;

2) при выборе материалов и монтаже рекомендуется обеспечение небольшого зазора в пределах 0,5-1 мм между теплоизолятором и оболочкой. Указанный зазор гарантирует отсутствие деформации теплоизолятора при монтаже оболочки;

3) качественная обмотка с герметизацией оболочки на концах участка даёт дополнительный теплоизоляционный эффект за счёт замкнутой воздушной прослойки;

4) теплоизоляция топливopоводов осуществляется при выполнении ремонтных или обслуживающих работ, например, совместно с установкой оборудования по подогреву-охлаждению топлива мобильной дизельной техники.

Экспериментальная часть

Образцы топливopоводов, изготовленные в количестве 3 шт., заполненные дизельным топливом, были испытаны в тепловой камере с целью определения эффективности предлагаемой технологии. Температура T_b воздуха в тепловой камере поддерживалась на уровне $75 \pm 1^\circ\text{C}$. Время с момента нахождения образца в камере отсчитывалось с точностью ± 1 с. Температура топлива измерялась с точностью $\pm 1^\circ\text{C}$. Обеспечивалась 3-кратная повторяемость всех измерений.

Результаты и их обсуждение

Изменение температуры топлива от времени нагрева показано в таблице 7. Нижний индекс в обозначении температуры T топлива в таблице 7 указывает на номер образца.

Таблица 7

Изменение температуры T от времени нагрева и темп нагрева

t, с	0	60	120	180	240	300	Темп нагрева m
$T_1, ^\circ\text{C}$	30	41	51	58	63	67	0,216
$T_2, ^\circ\text{C}$	30	33	39	44	49	53	0,089
$T_3, ^\circ\text{C}$	30	31	36	40	44	48	0,064

Из таблицы 7 следует, что у образца № 1 разность по конечной температуре топлива с образцом № 2 равна 14°C ; разность с образцом № 3 составила 19°C .

Темп нагрева m рассчитывается по формуле:

$$m = - \frac{\ln T_H - \ln T_K}{\ln t_H - \ln t_K},$$

где m – температура нагрева;

T_H – избыточная температура в начале нагрева, $^\circ\text{C}$;

T_K – избыточная температура в конце нагрева, $^\circ\text{C}$;

t_H – время в начале нагрева, с;

t_K – время в конце нагрева, с.

Избыточная температура рассчитывается как разность между температурами T топлива в топливopоводе и T_b воздуха в тепловой камере.

Наибольшее значение m соответствует образцу № 1 (без теплоизоляции), наименьшее m отмечается для образца № 3 с толщиной теплоизоляции 5 мм.

Теплоизоляция по образцам № 2 и 3 обеспечит, в соответствующей степени, защиту топлива от перегрева со стороны подкапотного пространства прогретого дизеля, а при наличии теплообмена в обратном направлении – защиту от переохлаждения на соответствующих участках топливной системы в холодное время года.

В некоторых случаях применение теплоизоляции может приводить к отрицательному эффекту, то есть снижению теплового сопротивления и увеличению теплового потока. Его проявление зависит от диаметра трубопровода, коэффициента теплопроводности теплоизоляторов, коэффициента теплоотдачи, влажности изоляции [13].

Заключение

Разработанная технология соответствует цели исследования: обеспечивает снижение темпа нагрева дизельного топлива до 3,4 раза. В исследованных образцах увеличение толщины теплоизолятора положительно влияет на полученный результат, но при этом увеличиваются наружный диаметр топливopовода, а также материальные и трудовые затраты. В каждом конкретном случае следует выбирать необходимую и достаточную толщину теплоизолятора. Технология может быть использована при техническом сервисе техники с

дизельными двигателями, в том числе сельскохозяйственного назначения.

Библиографический список

1. Таусенев, Е. М. Экспресс-исследование температуры топливопроводов зерноуборочного комбайна «ПАЛЕССЕ GS12» / Е. М. Таусенев, К. В. Кох, А. Е. Свистула, А. Г. Глущенко. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайской науки. – 2014. – № 4 (22). – С. 337-341.

2. Таусенев, Е. М. Термоэлектрический охладитель-нагреватель дизельного топлива / Е. М. Таусенев, А. Г. Сотников. – Текст: непосредственный // Современному АПК – эффективные технологии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, почетного работника высшего профессионального образования РФ В. М. Макаровой. – 2019. – С. 138-143.

3. Foster, D.B.; Jung, W. Einfluss der Kraftstoff-Eingangstemperatur auf die Leistungs- und Drehmomentwerte von Dieselmotoren. In: MTZ 63 (2002), Nr. 4, S. 296-301.

4. Утепление топливных трубок. – Текст: электронный // DRIVE2.RU: сайт для автолюбителей. – 2019. – URL: <https://www.drive2.ru/c/2848002/> (дата обращения: 17.12.2019).

5. Теплопроводность воздуха в зависимости от температуры и давления. – Текст: электронный // Свойства газов: сайт о свойствах веществ и материалов. – 2012. – URL: <http://thermalinfo.ru/svojstva-gazov/gazovyie-smesi/teploprovodnost-vozduha-v-zavisimosti-ot-temperatury-i-davleniya> (дата обращения: 25.10.2019).

6. Сшитый пенополиэтилен (полиэтилен). – Текст: электронный // WikiZero: электронная энциклопедия. – 2019. – URL: https://www.wikizero.com/ru/Сшитый_полиэтилен (дата обращения: 25.10.2019).

7. Клейкая лента алюминиевая для зимнего монтажа «НСТ ПРОФИ» 50 мм х 50 м. – Текст: электронный // Клейкие ленты и фольга алюминиевая: интернет-магазин. – 2019. – URL:

<https://nstomsk.ru/alyuminiyevaya-kleykaya-lenta-nst-profi-50-mm-kh-50-m#shop2-tabs-1> (дата обращения: 25.10.2019).

8. Труба ПП гибкая гофр. д. 16 мм, тяжёлая, цвет синий//Гофрированные трубы из самозатухающего полипропилена: сайт АО «ДКС». – 2019. – URL: <https://www.dkc.ru/ru/catalog/87/10516/> (дата обращения: 25.10.2019).

9. Труба ПП гибкая гофр. д. 20 мм, тяжёлая, цвет синий. – Текст: электронный // Гофрированные трубы из самозатухающего полипропилена: сайт АО «ДКС». – 2019. – URL: <https://www.dkc.ru/ru/catalog/87/10520/> (дата обращения: 25.10.2019).

10. Технические характеристики. – Текст: электронный // Электроизолента safeLine: сайт компании «РОСЭЛ». – 2019. – URL: <https://safeline-tape.ru/> (дата обращения: 25.10.2019).

11. Самоклеящаяся лента K-Flex ST 3 мм×50 мм×15 м. Описание. Характеристики. – Текст: электронный // Расходные материалы для кондиционеров: интернет-магазин компании «МАСклимат». – 2015. – URL: <https://masclim.ru/accessories/skotch-lenta/samokleyuschayasya-lenta-k-flex-st-3mm-50mm-15m> (дата обращения: 25.10.2019).

12. Самоклеящаяся лента из вспененного каучука K-FLEX ST. Доступные размеры. – Текст: электронный // Каталог: сайт компании «Русхит». – 2019. – URL: <https://kflex.ru/shop/aksessuary/lenta/st/> (дата обращения: 25.10.2019).

13. Критический диаметр изоляции. Тепловая изоляция. Термодинамика и теория теплообмена – Текст: электронный // Студми: учебные материалы для студентов. – 2019. – URL: https://studme.org/269552/tehnika/teplovaya_izolyatsiya_kriticheskiy_diametr_izolyatsii (дата обращения: 25.10.2019).

References

1. Ekspress-issledovanie temperatury toplivoprovodov zernouborochnogo kombayna "PALESSE GS12" / Tausenev E.M., Kokh K.V., Svistula A.E., Glushchenko A.G. // Vestnik altayskoy nauki. – 2014. – No. 4 (22). – S. 337-341.

2. Termoelektricheskiy okhladitel-nagrevatel dizelnogo topliva / Tausenev E.M., Sotnikov A.G. // Sovremennomu APK – effektivnyye tekhnologii. Mat-ly Mezhdunar. nauchno-praktich. konferentsii, posvyashch. 90-letiyu d.s.-kh. nauk, prof., zasluzh. deyatelya nauki RF, pochetnogo rabotnika vysshego professionalnogo obrazovaniya RF V. M.Makarovoy. – 2019. – S. 138-143.
3. Foster, D.B.; Jung, W. Einfluss der Kraftstoff-Eingangstemperatur auf die Leistungs- und Drehmomentwerte von Dieselmotoren. In: MTZ 63 (2002), Nr. 4, S. 296-301.
4. Uteplenie toplivnykh trubok // DRIVE2.RU: sayt dlya avtolubiteley. – 2019. URL. <https://www.drive2.ru/c/2848002/> (data obrashcheniya 17.12.2019).
5. Teploprovodnost vozdukh v zavisimosti ot temperatury i davleniya // Svoystva gazov: sayt o svoystvakh veshchestv i materialov. – 2012. URL. <http://thermalinfo.ru/svoystva-gazov/gazovye-smesi/teploprovodnost-vozduha-v-zavisimosti-ot-temperatury-i-davleniya> (data obrashcheniya 25.10.2019).
6. Sshityy penopolietilen (polietilen) // WikiZero: elektronnyaya entsiklopediya. – 2019. URL. https://www.wikizero.com/ru/Sshityy_polietilen (data obrashcheniya 25.10.2019).
7. Kleykaya lenta alyuminievaya dlya zimnego montazha "NST PROFI" 50 mm kh 50 m // Kleykie lenty i folga alyuminievaya: internet-magazin. – 2019. URL. <https://nstomsk.ru/alyuminiyevaya-kleykaya-lenta-nst-profi-50-mm-kh-50-m#shop2-tabs-1> (data obrashcheniya 25.10.2019).
8. Truba PP gibkaya gofr. d. 16 mm, tyazhelaya, tsvet siniy // Gofrirovannye truby iz samozatukhayushchego polipropilena: sayt AO "DKS". – 2019. URL. <https://www.dkc.ru/ru/catalog/87/10516/> (data obrashcheniya 25.10.2019).
9. Truba PP gibkaya gofr. d. 20 mm, tyazhelaya, tsvet siniy // Gofrirovannye truby iz samozatukhayushchego polipropilena: sayt AO "DKS". – 2019. URL. <https://www.dkc.ru/ru/catalog/87/10520/> (data obrashcheniya 25.10.2019).
10. Tekhnicheskie kharakteristiki // Elektroizolenta safeLine: sayt kompanii "ROSEL". – 2019. URL. <https://safeline-tape.ru/> (data obrashcheniya 25.10.2019).
11. Samokleyashchayasya lenta K-Flex ST 3 mm×50 mm×15 m. Opisanie. Kharakteristiki//Raskhodnye materialy dlya konditsionerov: internet-magazin kompanii "MASKlimat". – 2015. URL. <https://masclim.ru/accessories/skotch-lenta/samokleyushchayasya-lenta-k-flex-st-3mm-50mm-15m> (data obrashcheniya 25.10.2019).
12. Samokleyashchayasya lenta iz vspenennogo kauchuka K-FLEX ST. Dostupnye razmery // Katalog: sayt kompanii "Ruskhit". – 2019. URL. <https://kflex.ru/shop/aksessuary/lenta/st/> (data obrashcheniya 25.10.2019).
13. Kriticheskiy diametr izolyatsii. Teplovaya izolyatsiya. Termodinamika i teoriya teploobmena // Studmi: uchebnye materialy dlya studentov. – 2019. URL. https://studme.org/269552/tehnika/teplovaya_izolyatsiya_kriticheskiy_diametr_izolyatsii (data obrashcheniya 25.10.2019).

