Для цитирования: Абакаров М.С., Вишталов Р.И., Муселемов Х.М., Устарханов О.М. Расчет напряженно-деформированного состояния трёхслойных труб симметричной и несимметричной структуры. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019;46 (2):126-135. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-2-126-135

For citation: Abakarov M.S., Vishtalov R.I., Muselemov H.M., Ustarkhanov O.M. Calculation of stressed-deformed state of three-layer pipes of symmetric and asymmetric structure. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46(2):126-135. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-2-126-135

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 624.011.1

DOI: 10.21822/2073-6185-2019-46-2-126-135

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРЁХСЛОЙНЫХ ТРУБ СИММЕТРИЧНОЙ И НЕСИММЕТРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ

Абакаров М.С.⁴, Вишталов Р.И.,³ Муселемов Х.М.², Устарханов О.М.¹

¹⁻⁴ Дагестанский государственный технический университет,

¹⁻⁴ 367026, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70, Россия,

¹ e-mail: dgtu.pgs@mail.ru, ² e-mail: dgtu.pgs@mail.ru,

³ e-mail: hairulla213@mail.ru, ⁴ e-mail: 05_upr@rosreestr.ru

Резюме. Цель. Трубопроводные конструкции на сегодняшний день занимают важные позиции в инфраструктурах многих стран. Магистральные сооружения влияют на экономику, промышленность. С каждым годом к показателям надёжности этих конструкций добавляются новые требования безопасности. В данной статье рассматривается оценка эффективности трёхслойных труб симметричной и несимметричной структуры. Для этого исследуется напряженно-деформированное состояние трехслойных труб из разных материалов при действии внутреннего давления. **Метод** Расчет проводится численными методами, а именно с помощью метода конечных элементов (МКЭ), реализованного в ПК «ЛИРА». **Результат** Расчет труб выполнен, на нагрузку от транспортируемой среды, приложенный к внутреннему контуру трубы. При этом для трехслойной труб всех вариантов, определялись N_x растягивающие напряжения вдоль образующей, N_y кольцевые растягивающие напряжения и T_{xy} сдвигающие напряжения в плоскости xy . Приведены изополя растягивающих и касательных напряжений. **Вывод** Полученные численные результаты, показали, что применение в качестве материала для изготовления несущих несимметричных слоёв менее деформативного материала приводит к перераспределению напряжений в несущих слоях и заполнителе и это необходимо учитывать при проектировании трёхслойных труб

Работа выполнена при финансовой поддержке грантом Президента Российской Федерации (МК-6112.2018.8).

Ключевые слова: метод конечных элементов, трехслойные конструкции, заполнитель, несущие слои, симметричной и несимметричной структуры

BUILDING AND ARCHITECTURE

CALCULATION OF STRESSED-DEFORMED STATE OF THREE-LAYER PIPES OF SYMMETRIC AND ASYMMETRIC STRUCTURE

Marat S. Abakarov⁴, Rajab I. Vishtalov³, Hayrulla M. Muselemov⁴, Osman M. Ustarkhanov¹

¹⁻⁴ Daghestan State Technical University,

¹⁻⁴ 70 I. Shamil Ave., Makhachkala 367026, Russia,

¹ e-mail: dgtu.pgs@mail.ru, ² e-mail: dgtu.pgs@mail.ru,

³ e-mail: hairulla213@mail.ru, ⁴ e-mail: 05_upr@rosreestr.ru

Abstract Objectives This article discusses the evaluation of the effectiveness of three-layer pipes of a symmetric and asymmetric structure. For this, the stress-strain state of three-layer pipes of different materials under the influence of internal pressure is investigated. Pipeline structures today occupy important positions in the infrastructures of many countries. Trunk structures affect the economy, industry. Every year, new safety requirements are added to the reliability indicators of these structures. **Method** The calculation is carried out by numerical methods, namely using the finite element method (FEM), implemented in the LIRA PC. **Result** The calculation of the pipes is performed, on the load from the transported medium, applied to the inner contour of the pipe. Moreover, for three-layer pipes of all variants, N_x tensile stresses along the generatrix, N_y ring tensile stresses and T_{xy} shear stresses in the xy plane were determined. Isopoles of tensile and shear stresses are given. **Conclusion** The numerical results showed that the use of less deforming material as a material for the manufacture of asymmetric bearing layers leads to a redistribution of stresses in the bearing layers and aggregate, and this must be taken into account when designing three-layer pipes

Acknowledgment This work was supported by a grant from the President of the Russian Federation (MK-6112.2018.8).

Keywords: finite element method, three-layer structures, aggregate, load-bearing layers, symmetric and asymmetric structure

Введение. Как известно, трехслойные конструкции могут быть симметричной и несимметричной структуры, т.е. они могут быть изготовлены из наружного и внутреннего слоев имеющие различные толщины или изготовлены из разных материалов. В журнале [3] была опубликована статья о возможности применения трехслойных труб при транспортировке различных сред, отличительной особенностью которых является наличие трех конструктивных элементов - наружного слоя, заполнителя и внутреннего слоя (рис.1). Такая компоновка конструкции труб позволяет повысить её жесткость, уменьшит вес и кроме этого по ней можно будет транспортировать две различные среды.

Несущие слои воспринимают продольные нагрузки (растяжение, сжатие, сдвиг) в своей плоскости и поперечные изгибающие моменты. Заполнитель воспринимает поперечные силы при изгибе и обеспечивает совместную работу и устойчивость несущих слоев. Элементы каркаса обеспечивают местную жесткость конструкции при действии сосредоточенных усилий и в местах крепления повышают сопротивление усталости [4,5,16].

Заполнитель в трехслойной конструкции играет важную роль, обеспечивая совместность работы несущих слоев и, это зависит от его формы и жесткости. В данной статье заполнитель принят, как в предыдущей статье [3].

Постановка задачи. При проектировании трехслойных труб возникает необходимость повысить его несущую способность или предать ей определенные свойства [15,17] (например, уменьшить теплопроводность), в этом случае их можно проектировать несимметричной структурой, т.е., при этом, менять толщину слоев или их физико-механические свойства (например, материал) [9,11].

Для правильного проектирования трехслойных труб необходимо знать влияние этих изменений на работу конструкции.

Исходя из выше сказанного, в статье рассматривается задача по оценке влияния на несущую способность трехслойной трубы изменение материала слоев.

В статье для расчета трехслойных труб в качестве основного внешнего воздействия принято внутреннее давление транспортируемой среды [1, 2, 12-14].

Рис. 1. Общий вид трехслойной трубы
Fig. 1. General view of a three-layer pipe

Методы исследования. Как известно настоящую революцию в строительной механике и теории упругости произвело появление метода конечных элементов (МКЭ).

В настоящее время у инженеров и научных работников востребованы программные комплексы, ориентированные на строительную область, в основу которых заложен МКЭ [6-8]. Так, в России и странах ближнего зарубежья наибольшей популярностью пользуются программные комплексы STARK, SCAD и LIRA, основанные на нормах и стандартах данного региона.

В работе сделан выбор в пользу программного комплекса LIRA (ПК ЛИРА) в котором реализованы основные положения МКЭ. Выбор расчетной схемы для МКЭ в перемещениях легко поддается алгоритмизации, что делает этот метод привлекательным с точки зрения применения современных компьютерных технологий [6-10].

Приняты для расчета четыре варианта трехслойных труб:

1- симметричная трехслойная труба в котором несущие слои приняты из сплава алюминия АМГ2-Н с толщиной $t_{вс} = t_{нс} = 1$ мм, наполнитель из сплава алюминия Д16-АТ толщиной $t_{зап} = 0.24$ мм;

2- симметричная трехслойная труба в котором несущие слои приняты из стали толщиной $t_{вс} = t_{нс} = 1$ мм, наполнитель из сплава алюминия Д16-АТ толщиной $t_{зап} = 0.24$ мм;

3- несимметричная трехслойная труба в котором верхний слой изготовлен из АМГ2-Н толщиной $t_{вс} = 1$ мм, нижний слой из стали толщиной $t_{нс} = 1$ мм, наполнитель из Д16-АТ толщиной $t_{зап} = 0.24$ мм;

4 - несимметричная трехслойная труба в котором верхний слой изготовлен из стали толщиной $t_{вс} = 1$ мм, нижний слой из АМГ2-Н толщиной $t_{нс} = 1$ мм, наполнитель из Д16-АТ толщиной $t_{зап} = 0.24$ мм.

Несущий слой – толщина 1 мм, материал: алюминий АМГ2-Н ($E=69000$ МПа, $\nu=0,35$, $\rho=26,8$ кН/м³);

Несущий слой – толщина 1 мм, материал: сталь ($E=2,1 \cdot 10^6$ МПа, $\nu=0,3$, $\rho=78,5$ кН/м³);

Дискретный наполнитель – толщина 0,24 мм, материал: алюминий Д16-АТ ($E=69000$ МПа, $\nu=0,35$, $\rho=26,8$ кН/м³). Рассчитывались трубы, имеющие следующие размеры - наружный диаметр $D1=100$ см, внутренний диаметр $D2=90$ см (рис.1);

Расчет производим для среднего участка бесконечной трубы, как это было отмечено в статье [5]. При этом, напряженно-деформированное состояние трубы на участках, примыкающих к связям в расчет не берем.

Расчет производился на равномерно распределенную нагрузку приложенную к внутреннему несущему слою трубы.

Обсуждение результатов. Как было отмечено выше, расчет труб выполнен на нагрузку от транспортируемой среды, приложенный ко внутреннему слою трубы.

При этом для всех вариантов труб определялись кольцевые, растягивающие и сдвигающие напряжения N_x , N_y и T_{xy} .

Результаты расчета трёхслойной трубы для одного из вариантов, показаны на рис. 2–10 и в табл.1.

Таблица 1. Напряжения в элементах трёхслойной трубы
Table 1. Stresses in the elements of a three-layer pipe

№ /п N o	Варианты труб Piping options	Первый вариант (симметричный) First option (symmetrical)			Второй вариант (симметричный) Second option (symmetrical)			Третий вариант (несимметричный) Third option (asymmetric)			Четвёртый вариант (несимметричный) Fourth option (unbalanced)		
		в.н.с.	н.н.с.	зап.	в.н.с.	н.н.с.	зап.	в.н.с.	н.н.с.	зап.	в.н.с.	н.н.с.	зап.
1	слой layer												
2	металл metal	АМГ 2-Н	АМГ 2-Н	Д16- АТ	стал ь steel l	сталь steel	Д1 6- АТ	АМГ 2-Н	Стал ь steel	Д16 -АТ	сталь steel	АМГ 2-Н	Д16- АТ
3	N_x , растягивающие напряжения вдоль образующей, т/м ² N_x , tensile stresses along the generatrix, t / m ²	105	127	127	101	133	133	52,9	206	206	163	52,9	163
4	N_y , кольцевые растягивающие напряжения, т/м ² N_y , ring tensile stresses, t / m ²	24,4	31,4	31,4	12,4	19,7	19,7	17	36,9	36,9	22,1	14,1	22,1
5	T_{xy} , сдвигающие напряжения в плоскости xy, т/м ² T_{xy} , shear stresses in the xy plane, t / m ²	0518	0,525	0,525	0,875	0,853	0,875	3,06	2,98	3,06	2,15	2,1	2,15

Несимметричная труба вариант 3 (нижний несущий слой из АМГ2-Н, верхний несущий слой из стали, заполнитель Д16-АТ) Asymmetric pipe option 3 (lower bearing layer from АМГ2-Н, upper bearing layer from steel, aggregate Д16-АТ).

На рис. 2-4 показаны максимальные напряжения N_x , N_y и T_{xy} в верхнем несущем слое несимметричной трёхслойной трубе от действия равномерно-распределённой нагрузки на нижний несущий слой.

Эти напряжения сравнивались с напряжениями в верхнем несущем слое N_x , N_y и T_{xy} симметричной трёхслойной трубы (вариант 1).

Результаты сравнений приведены в выводах пункта 2.

Рис. 2. Напряжения N_x на наружном слое
Fig. 2. N_x stresses on the outer layer

Рис. 3. Напряжения N_y на наружном слое
Fig. 3. N_y stresses on the outer layer

Рис. 4. Напряжения T_{xy} на наружном слое
Fig. 4. Stresses T_{xy} on the outer layer

На рис. 5-7 показаны максимальные напряжения N_x , N_y и T_{xy} в нижнем несущем слое несимметричной трёхслойной трубе от действия равномерно-распределённой нагрузки на нижний несущий слой.

Рис.5. Напряжения N_x на внутреннем слое
 Fig. 5. Stresses N_x Inner Layer

Рис.6. Напряжения N_y на внутреннем слое
 Fig. 6. N_y stresses on the inner layer

Рис. 7. Напряжения T_{xy} на внутреннем слое
 7. Stresses T_{xy} inner layer

На рис. 8-10 показаны максимальные напряжения N_x , N_y и T_{xy} в заполнителе несимметричной трёхслойной трубе от действия равномерно-распределённой нагрузки на нижний несущий слой. Эти напряжения сравнивались с напряжениями в заполнителе N_x , N_y и T_{xy} симметричной трёхслойной трубы (вариант 1). Результаты сравнений приведены в выводах пункта 2.

Рис. 8. Напряжения N_x на среднем слое
Fig. 8. Voltages N_x middle layer

Рис. 9. Напряжения N_y на среднем слое
Fig. 9. Stresses in the middle layer

Рис.10. Напряжения T_{xy} на среднем слое
Fig. 10. T_{xy} stress middle layer

Вывод. Анализ результатов расчёта трёхслойных труб показал:

Применение в качестве несущих слоёв в трёхслойной трубе менее деформативного материала (например, стали см. вар.1 и 2) привёл к тому, что напряжение N_x незначительно изменились (до 0,7%), напряжения N_y уменьшились значительно (до 50%), сдвигающие напряжения T_{xy} увеличились (до 68,8%).

Замена в нижнем несущем слое материала АМГ2-Н (вариант 1) на сталь (вариант 3), привело к тому, что:

А) напряжение N_x в верхнем несущем слое уменьшилась на 49,6%, в нижнем несущем слое и в заполнителе увеличились на 62,2%;

Б) напряжение N_y в верхнем несущем слое уменьшилась на 30,3%, в нижнем несущем слое и в заполнителе увеличилась на 17,5%;

В) напряжение T_{xy} в верхнем несущем слое увеличилась на 490,7%, в нижнем несущем слое увеличилась на 467,61%, в заполнителе увеличилась на 482,9%.

Замена в верхнем несущем слое материала АМГ2-Н (вариант 1) на сталь (вариант 4), привело к тому, что:

А) напряжение N_x в верхнем несущем слое увеличилась на 55,2%, в нижнем несущем слое уменьшилась на 49,6%, в заполнителе увеличилась на 28,4%;

Б) напряжение N_y в верхнем несущем слое уменьшилась на 9,43%, в нижнем несущем слое уменьшилась на 55,1%, в заполнителе уменьшилась на 29,62%;

В) касательные напряжения T_{xy} в верхнем несущем слое увеличилась на 315,06%, в нижнем несущем слое увеличилась на 300%, в заполнителе увеличилась на 309,5%.

В целом проведённые исследования показали, что применение в качестве материала для изготовления несущих несимметричных несущих слоёв менее деформативного материала приводит к перераспределению напряжений в несущих слоях и заполнителе и, это необходимо учитывать при проектировании трёхслойных труб.

Проведённые расчёты проводились в упругой зоне работы материалов трёхслойных труб при действии внутреннего давления на нижний несущий слой.

Исследования трёхслойной трубы при других вариантах загрузки будут продолжены.

Библиографический список:

1. Айнбиндер А.Б., Камерштейн А.Г. Расчет магистральных трубопроводов на прочность и устойчивость. Справочное пособие. М.: Недра, 1982. - 341 с.
2. Бородавкин П.П., Синоков А.М. Прочность магистральных трубопроводов. М.: Недра, 1984. - 245 с.
3. Булгаков А.И., Вишталов Р.И., Муселемов Х.М., Устарханов О.М. Расчёт трёхслойных труб большого диаметра на ПК «ЛИРА». Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2018. Т45. №2. С.191-200.
4. Александров А. Я. Куршин Л. М. Трёхслойные пластинки и оболочки. – В– кн.: Прочность, устойчивость, колебания. М.: Машиностроение, 1968, т.2.
5. Кобелев В.Н., Коварский Л.М., Тимофеев С.И. Расчет трехслойных конструкций. М.: Машиностроение, 1984.
6. Галлагер Р. Метод конечных элементов. М.: 1984г, 424с.
7. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. 2009г, 360стр.
8. Рикардс Р.Б. Метод конечных элементов в теории оболочек и пластин. Рига: Зинатне, 1988, 284с.
9. Квасов Ф.И., Фридляндер И.Н. Промышленные алюминиевые сплавы. М.: Металлургия, 1984 г. 528 с.
10. Устарханов О.М., Булгаков А.И., Гаджиев М.Д. Совершенствование моделей расчета трехслойных конструкций// Тезисы докладов XXII научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ДГТУ. Махачкала, 1999. С.52-54.
11. Пелех Б.Л., Лазько В.А. Слоистые анизотропные пластины и оболочки с концентраторами напряжений. Киев: Наук. Думка, 1982, 295 с.
12. Михлин С.Г. Вариационные методы математической физики. М.: Наука. 1990, 512с.
13. Паймушин В.Н., Муштари А.И. Уточненная теория устойчивости трехслойных оболочек с трансверсально-жестким заполнителем. 3. Простейшие одномерные задачи. Механика композитных материалов. -Рига: Зинатне. 1998, т.34, №1. с.57-65.
14. Панин В.Ф., Гладков Ю.А. Конструкции с заполнителем: Справочник. М.: Машиностроение, 1991. 271с.
15. Полетаев В.В., Попугаев В.И., Король Б.А. Применение теплозащитных легких бетонов в многослойных ограждающих конструкциях // Науч. тр. М.: МГУЛ, 1988. Вып. 204. С. 102 - 107.

16. Устарханов О.М. «Вопросы прочности трехслойных конструкций с регулярным дискретным заполнителем»: Дисс. д-ра техн наук. Ростов-на-Дону. 2000.

17. Запруднов В.И. Деревянные трехслойные панели с теплоизоляционными материалами на основе древесных отходов. Развитие деревянного домостроения в России: Материалы международной конференции. Санкт-Петербург, 5-6 марта 2000 г. СПб., СПбГЛТА, 2001. С. 79.

References:

1. Aynbinder A.B., Kamershteyn A.G. Raschet magistral'nykh truboprovodov na prochnost' i ustoychivost'. Spravochnoye posobiye. M.: Nedra, 1982. - 341 s. [Ainbinder A.B., Kamerstein A.G. Calculation of trunk pipelines for strength and stability. Reference manual. M.: Nedra, 1982. 341 p. (In Russ)]
2. Borodavkin P.P., Sinyukov A.M. Prochnost' magistral'nykh truboprovodov. M.: Nedra, 1984. 245 s. [Borodavkin P.P., Sinyukov A.M. Durability of trunk pipelines. M.: Nedra, 1984 245 p. (In Russ)]
3. Bulgakov A.I., Vishtalov R.I., Muselemov K.H.M., Ustarkhanov O.M. Raschet trokhsloynnykh trub bol'shogo diametra na PK «LIRA». Vestnik DGTU. Tekhnicheskiye nauki.-2018.-T45.-№2.-S.191-200. [Bulgakov A.I., Vishtalov R.I., Muselemov H.M., Ustarkhanov O.M. Calculation of three-layer pipes of large diameter on the PC "LIRA". Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Sciences.. 2018. Vol.45. №2. pp.191-200. (In Russ)]
4. Aleksandrov A. YA. Kurshin L. M. Trekhsloynnyye plastinki i obolochki. – V– kn.: Prochnost', ustoychivost', kolebaniya. M.: Mashinostroyeniye, 1968, t.2. [Aleksandrov A. Ya. Kurshin L. M. Three-layer plates and shells. - B– book.: Strength, stability, fluctuations. M.: Mechanical Engineering, 1968, Vol.2. (In Russ)]
5. Kobelev V.N., Kovarskiy L.M., Timofeyev S.I. Raschet trekhsloynnykh konstruksiy. M.: Mashinostroyeniye, 1984. [Kobelev V.N., Kovarsky L.M., Timofeev S.I. Calculation of three-layer structures. M.: Engineering, 1984. (In Russ)]
6. Gallager R. Metod konechnykh elementov. M.: 1984g, 424s. [Gallager R. The finite element method. M.: 1984, 424p. (In Russ)]
7. Gorodetskiy A.S., Yevzerov I.D. Komp'yuternyye modeli konstruksiy. M.: Izdatel'stvo Assotsiatsii stroi-tel'nykh vuzov. 2009g, 360str. [Gorodetsky A.S., Evzerov I.D. Computer models of structures. M.: Publishing house of the Association of construction universities. 2009, 360 p. (In Russ)]
8. Rickards R.B. The finite element method in the theory of shells and plates. Riga: Zinatne, 1988, 284c.
9. Kvasov F.I., Fridlyander I.N. Promyshlennyye alyuminiyevyye splavy. M.: Metallurgiya, 1984 g. 528 s. [Kvasov F.I., Fridlyander I.N. Industrial aluminum alloys. M.: Metallurgy, 1984. 528 p. (In Russ)]
10. Ustarkhanov O.M., Bulgakov A.I., Gadzhiyev M.D. Sovershenstvovaniye modeley rascheta trekhsloynnykh konstruksiy// Tezisy dokladov XXII nauchno-tekhnicheskoy konferentsii prepodavateley, sotrudnikov, aspirantov i studentov DGTU. Makhachkala, 1999. S.52-54. [Ustarkhanov O.M., Bulgakov A.I., Gadzhiev M.D. Improving the models for calculating three-layer structures // Abstracts of the XXII scientific and technical conference of teachers, employees, graduate students and students of DSTU. Makhachkala, 1999.S. 52-54. (In Russ)]
11. Pelekh B.L., Laz'ko V.A. Sloistyye anizotropnyye plastiny i obolochki s kontsentratsiyami napryazheniy. Kiyev: Nauk. Dumka, 1982, 295 s. [Pelekh B.L., Lazko V.A. Layered anisotropic plates and shells with stress concentrates. Kiev: Science. Dumka, 1982. 295 p. (In Russ)]
12. Mikhlin S.G. Variatsionnyye metody matematicheskoy fiziki. M.: Nauka. 1990, 512s. [Mikhlin S.G. Variational methods of mathematical physics. M.: Science. 1990, 512p. (In Russ)]
13. . Paymushin V.N., Mushtari A.I. Utochnennaya teoriya ustoychivosti trekhsloynnykh obolochek s transversal'no-zhestkim zapolnitelem. 3. Prosteyshiye odnomernyye zadachi. Mekhanika kompozitnykh materialov. -Riga: Zinatne. - 1998, t.34, №1. - s.57-65. [Paimushin V.N., Mushtari A.I. A refined theory of the stability of three-layer shells with a transversely rigid aggregate. 3. The simplest one-dimensional problems. The mechanics of composite materials. -Riga: Zinatne. 1998, Vol. 34, No.1. pp. 57-65. (In Russ)]
14. Panin V.F., Gladkov YU.A. Konstruktsii s zapolnitelem: Spravochnik. M.: Mashinostroyeniye, 1991. 271s. [Panin V.F., Gladkov Yu.A. Constructions with a placeholder: Reference. M.: Engineering, 1991. 271p. (In Russ)]
15. Poletayev V.V., Popugayev V.I., Korol' B.A. Primeneniye teplozashchitnykh legkikh betonov v mnogosloynnykh ograzhdayushchikh konstruksiyakh // Nauch. tr. M.: MGUL, 1988. Vol. 204. pp. 102 - 107. [Poletaev V.V., Popugaev V.I., King B.A. The use of heat-protective lightweight concrete in multilayer walling // Scientific. tr M.: MGUL, 1988. Issue. 204. pp. 102 - 107. (In Russ)]
16. Ustarkhanov O.M. «Voprosy prochnosti trekhsloynnykh konstruksiy s regul'yarnym diskretnym zapolnite-lem»: Diss. d-ra tekhn nauk. Rostov-na-Donu. 2000. [Ustarkhanov O.M. “Strength Issues of Three-Layer Structures with Regular Discrete Fill”: Diss. Doctor of Technical Sciences. Rostov-on-Don. 2000. (In Russ)]

17. Zaprudnov V.I. Derevyannyye trekhslonnyye paneli s teploizolyatsionnymi materialami na osnove dre-vesnykh ot-khodov. Razvitiye derevyannogo domostroyeniya v Rossii: Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii. Sankt-Peterburg, 5-6 marta 2000 g. SPb., SPbGLTA, 2001. - S. 79. [Zaprudnov V.I. Wooden three-layer panels with heat-insulating materials based on wood waste. The development of wooden housing in Russia: Materials of the International Conference. St. Petersburg, March 5-6, 2000. St. Petersburg., St. Petersburg State Technical Academy, 2001. p.79. (In Russ)]

Сведения об авторах:

Абакаров Марат Саидович - заместитель руководителя Управления Росреестра по Республике Дагестан.

Вишталов Раджаб Исабекович - кандидат технических наук, доцент, кафедра строительных конструкций и гидротехнических сооружений.

Муселемов Хайрулла Магомедмурадович - кандидат технических наук, доцент, кафедра строительных конструкций и гидротехнических сооружений.

Устарханов Осман Магомедович - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительных конструкций и гидротехнических сооружений.

Information about the authors.

Marat S. Abakarov - Deputy Head of the Office of the Federal Register for the Republic of Dagestan.

Rajab I. Vishtalov – Cand. Sci. (Technical), Assoc. Prof., Department of Construction structures and hydraulic engineering structures.

Hayrulla M. Muselemov –Cand. Sci. (Technical), Assoc. Prof., Department of Construction structures and hydraulic engineering structures.

Osman M. Ustarkhanov – Dr. Sci. (Technical), Prof., Department of Construction structures and hydraulic engineering structures.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила в редакцию 15.03.2019.

Принята в печать 10.05.2019.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 15.03.2019.

Accepted for publication 10.05.2019.