

**А.А. ЧУЛКОВ****ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ НОВОГО ПАССАЖИРСКОГО ТЕРМИНАЛА МЕЖДУНАРОДНОГО АЭРОПОРТА «КУРУМОЧ» г. САМАРЫ***HEAT MONITORING OF HEATING SYSTEM PROTECTION OF A NEW PASSENGER TERMINAL OF THE SAMARA INTERNATIONAL AIRPORT «KURUMOCH»*

*Представлены результаты экспериментального исследования теплового состояния трубопроводов системы теплоснабжения. В качестве тепловой изоляции трубопроводов тепловой сети, прокладываемой под землей, принята пенополиуретановая (ППУ) изоляция в полиэтиленовой оболочке заводской готовности. В качестве тепловой изоляции трубопроводов тепловой сети, прокладываемых надземно, принята ППУ изоляция в оболочке из тонколистовой оцинкованной стали заводской готовности. По полученным экспериментальным данным определены фактические тепловые потери тепловой трассы.*

**Ключевые слова:** *тепловые сети, удельный тепловой поток, тепловые потери, максимальная температура грунта над тепловой трассой, тепловая изоляция, повышение энергоэффективности зданий и сооружений.*

В связи с реализацией Федерального закона об энергосбережении и энергоэффективности № 261-ФЗ от 23.11.2009 в настоящее время уделяется большое внимание повышению энергоэффективности зданий и сооружений.

Снижение расхода тепла на отопление зданий можно достигнуть за счет увеличения теплозащитных характеристик ограждающих конструкций, внедрения систем автоматического регулирования систем теплоснабжения и снижения тепловых потерь трубопроводами инженерных систем.

Вопросам расчета и проектирования ограждающих конструкций энергоэффективных зданий посвящены работы [1-10].

В статьях [11-12] приведены методики расчета тепловой изоляции воздуховодов систем приточной вентиляции и кондиционирования воздуха. Повышение эффективности и долговечности тепловой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения рассмотрено в работах [13-15].

*The results of experimental studies of thermal state of heat transport lines are viewed. Ready-to-use PU foam insulation in polyethylene sheath is taken as thermal insulation of heating system lines under the ground. Ready-to-use PU foam insulation in sheet galvanized steel sheath is taken as thermal insulation of heating system lines above-ground. Experimental results permit to determine real heat losses of heat transport systems.*

**Key words:** *heating systems, heat flow rate, heat loss, supreme ground temperature above heat transport line thermal insulation, energy efficiency upgrading of buildings and structures, rise building efficiency and construction.*

Российская Федерация активно готовится к Чемпионату Мира по футболу 2018 года. В связи с этим идет активное строительство стадионов и объектов инфраструктуры к предстоящему турниру. К данным объектам предъявляются особые требования по качеству выполнения строительных работ. Для их проверки применяются современные технические методы и способы контроля.

Автором данной статьи было произведено тепловизионное обследование тепловой сети вводимого в эксплуатацию нового здания пассажирского терминала международного аэропорта «Курумоч» г. Самары.

Целью данного исследования являлась оценка качества тепловой защиты тепловой сети нового терминала аэропорта.

Для достижения поставленной цели в процессе работы решались следующие задачи:

- изучение проектной документации на систему теплоснабжения;

- определение расчетных значений теплопотерь в тепловой сети;
- проведение тепловизионного обследования тепловой сети нового терминала;
- обработка и анализ результатов тепловизионного обследования;
- составление акта тепловизионного контроля качества тепловой защиты тепловой сети нового терминала;
- написание и оформление технического заключения.

Тепловизионное обследование тепловых сетей производится при их паспортизации после монтажа или реконструкции, а также в ходе энергоаудита. При выполнении работ по тепловизионному обследованию руководствуются нормативными документами: ГОСТ Р 54852-2011 и РД 153-34.0-20.364-00.

При проведении тепловизионного измерения температуры поверхности грунта над теплотрассой регистрируются значения температуры воды в тепловой сети, температуры наружного воздуха и скорости ветра. Результаты измерений заносятся в журнал наблюдений.

С помощью специальной программы, прилагаемой к тепловизору, определяется значение максимальной и средней температуры поверхности грунта, а также влияние теплотрассы на температурное поле на поверхности грунта.

Теплопотери в тепловой сети по данным тепловизионного обследования рассчитываются по следующей формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n \alpha_{n_i} \cdot F_i (\bar{\tau}_i - t_n), \text{ Вт}, \quad (1)$$

где  $\alpha_{n_i}$  - значение коэффициента теплоотдачи на поверхности грунта на участке теплотрассы; Вт/м<sup>2</sup> °С;

$F_i$  - площадь  $i$ -го участка на поверхности грунта, м<sup>2</sup>;

$\bar{\tau}_i$  - средняя температура на поверхности  $i$ -го участка, °С;

$t_n$  - температура окружающего воздуха, °С.

Значение коэффициента теплоотдачи  $\alpha_{n_i}$  определяется согласно РД 153-34.0-20.364-00 по формуле

$$\alpha_{n_i} = \beta \sqrt{V_i} \left( 6 + \frac{6,2}{V_i^2} \right), \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}, \quad (2)$$

где  $\beta$  - поправочный коэффициент, зависящий от вида покрытия. Для грунта принимается равным 1,2, для асфальта - 1,4;

$V_i$  - скорость ветра, м/с.

Величина удельного потока рассчитывается по формуле

$$q_l = \frac{Q}{l}, \text{ Вт/м}. \quad (3)$$

Полученное значение удельного теплового потока, определенного по результатам тепловизионного обследования, необходимо сравнить с нормативным значением, приведенным в СП. 61.13330.2012.

Расчетное значение максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой определяется согласно РД 153-34.0-20.364-00 по формуле

$$t_n = \frac{t_{кан} + B_i + t_n}{B_i + 1}, \text{ } ^\circ\text{С}, \quad (4)$$

где  $t_{кан}$  - средняя температура воздуха в непроходном канале, °С;

$$B_i = \frac{\alpha_n h_1}{\lambda_{сп}} - \text{критерий Био};$$

$h_1$  - расстояние от поверхности грунта до внутренней поверхности перекрытия канала, м;

$\lambda_{сп}$  - коэффициент теплопроводности грунта, Вт/м·°С.

Температура воздуха в непроходном канале рассчитывается по формуле

$$t_{кан} = \frac{\frac{t_{\delta 1}}{R_{из1}^e + R_{n1}^e} + \frac{t_{\delta 2}}{R_{из2}^e + R_{n2}^e} + \frac{t_{сп}}{R_{кан} + R_{сп}^u}}{\frac{1}{R_{из1}^e + R_{n1}^e} + \frac{1}{R_{из2}^e + R_{n2}^e} + \frac{1}{R_{кан} + R_{сп}^u}}, \text{ } ^\circ\text{С}, \quad (5)$$

где  $t_{\delta 1}$ ,  $t_{\delta 2}$  - температура воды в подающем и обратном трубопроводах соответственно, °С;

$t_{сп}$  - средняя температура грунта, °С;

$R_{из1}^e$ ,  $R_{из2}^e$  - термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов, м·°С/Вт;

$R_{n1}^e$ ,  $R_{n2}^e$  - термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов, м·°С/Вт;

$R_{кан}$  - термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала, м·°С/Вт;

$R_{сп}^u$  - термическое сопротивление грунта, м·°С/Вт.

Расчет тепловой изоляции в непроходном канале подробно рассмотрен в [16].

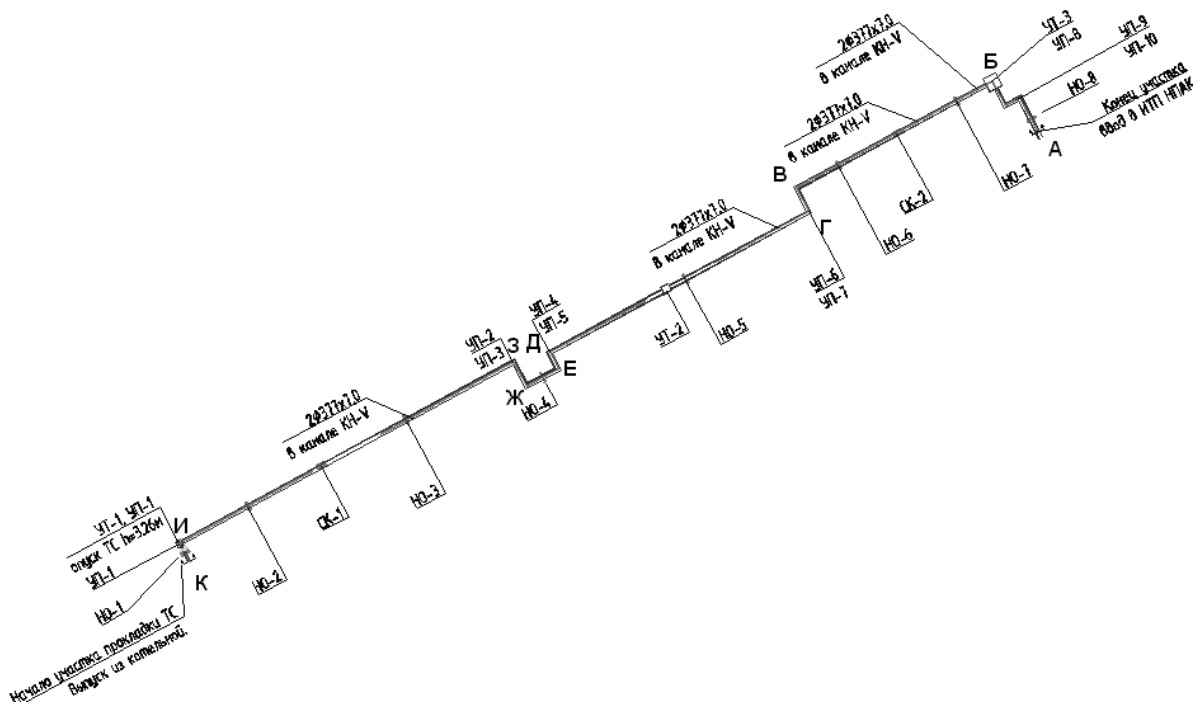


Рис. 1. План-схема тепловой сети нового пассажирского терминала международного аэропорта «Курумоч»

Полученное расчетным путем значение максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой сравнивается с данными тепловизионного обследования. В том случае, если экспериментальные значения превышают расчетные, делается вывод о некачественном выполнении теплоизоляционных работ.

Тепловизионному обследованию тепловой сети нового терминала предшествовало изучение проектной документации, представленной заказчиком, включающей раздел проекта «Теплоснабжение».

Схема тепловой сети представлена на рис. 1.

Согласно проекту тепловая сеть двухтрубная тупиковая, нерезервированная, подающая одновременно тепло на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды.

Источником теплоснабжения является котельная с теплоносителем на выходе - вода с параметрами  $t = 100 / 70$  °С,  $P = 6,0$  кгс/см<sup>2</sup>.

В качестве трубопроводов тепловой сети пассажирского терминала подземной прокладки предусмотрены трубы стальные наружным диаметром 377 мм.

В качестве тепловой изоляции трубопроводов тепловой сети, прокладываемой под землю, принята ППУ изоляция в полиэтиленовой оболочке заводской готовности. В качестве тепловой изоляции

трубопроводов тепловой сети, прокладываемых надземно, принята ППУ изоляция в оболочке из тонколистовой оцинкованной стали заводской готовности.

Обследование проводилось в утренние часы 12.12.2014 г. при температуре наружного воздуха  $t_n = -6$  °С. Измерение температуры и относительной влажности внутреннего и наружного воздуха производилось с помощью термогигрометра CENTER 313.

Температура воды в подающем и обратном трубопроводах регистрировалась с помощью термометров, установленных в котельной и тепловом узле пассажирского терминала. Температура воды в подающем трубопроводе на выходе из котельной составила 72 °С, в тепловом узле пассажирского терминала – 71 °С. Температура воды в обратном трубопроводе в котельной составила 50 °С, в тепловом узле – 52 °С.

Температура поверхности грунта и асфальта регистрировалась с помощью тепловой камеры THERMA CAM B2.

Скорость ветра измерялась с помощью крыльчатого анемометра.

Результаты тепловизионного обследования теплотрассы представлены на рис. 2 и 3 в виде фотоснимков и термограмм. Максимальные и средние значения температур на поверхности грунта и асфальта показаны в табл. 1.

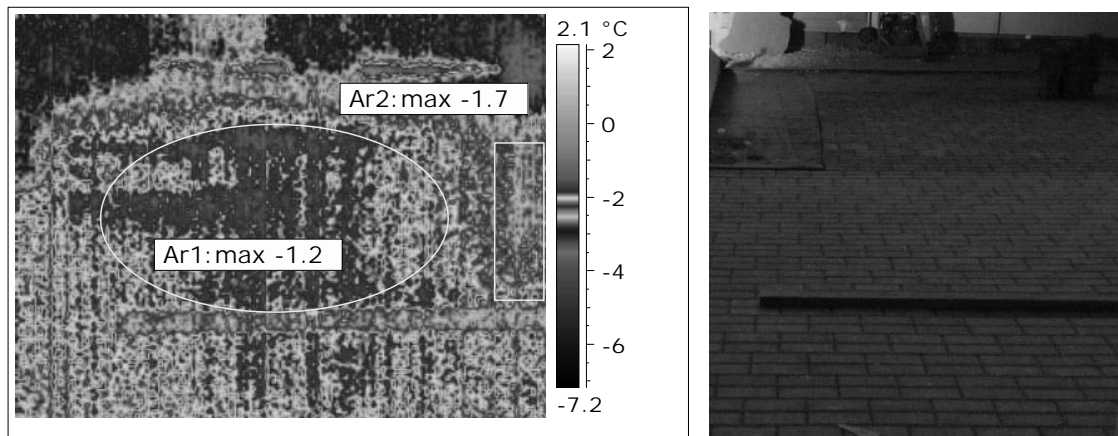


Рис. 2. Вид на участок А-Б

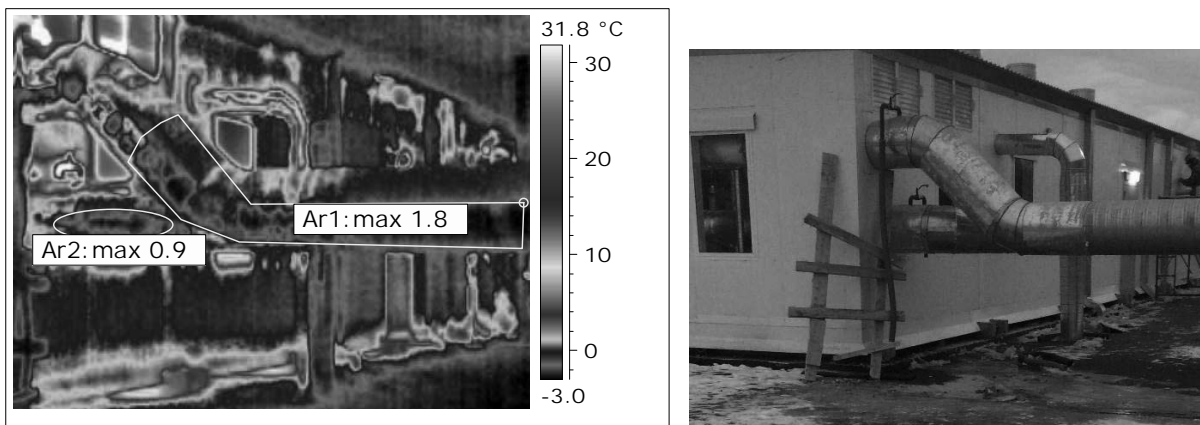


Рис. 3. Вид на участок И-К

Таблица 1

Журнал записи измерений тепловой сети нового пассажирского терминала аэропорта «Курумоч»

| Показатель   | Номер участка                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
|  | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| Место расположения   | А-Б   | Б-В  | В-Г  | Г-Д  | Д-Е  | Е-Ж  | Ж-З  | З-И  | И-К  |
| Дата, время  | 12.12.2014 г., 8 <sup>15</sup> .9 <sup>05</sup> |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Температура воды в подающей линии, °С                            | 71  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 72   |
| Температура воды в обратной линии, °С                            | 52  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 50   |
| Температура наружного воздуха, °С                                | -6,0  | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 |
| Скорость ветра, м/с  | 8,0   | 8,0  | 8,3  | 8,5  | 8,3  | 8,3  | 8,3  | 8,8  | 8,8  |
| Максимальная температура поверхности грунта над теплотрассой, °С | -0,5  | -0,7 | -1,2 | -0,5 | -2,7 | -2,6 | -2,9 | -1,4 | -    |
| Средняя температура поверхности грунта, °С                       | -3,0  | -3,6 | -2,5 | -3,5 | -3,8 | -3,6 | -3,5 | -3,6 | -    |

Таблица 2

Характеристика участка тепловой сети нового пассажирского терминала аэропорта «Курумоч»

|  |           |   |                |
|--|-----------|---|----------------|
| Место расположения участка                   |           | Котельная - пассажирский терминал               |                |
| Дата, время                                  |           | 12.12.2014 г., 8 <sup>15</sup> -9 <sup>05</sup> |                |
| Наружный диаметр труб, м                     |           | 0,377   |                |
| Характеристики прокладки                     |           | ширина, м                                       | 1,53           |
|  |           | высота, м                                       | 0,9            |
|  |           | расстояние между осями, м                       | 0,8            |
| Характеристика теплоизоляционной конструкции | основной  | материал  | Пенополиуретан |
|  |           | толщина, м                                      | 0,06           |
|  |           | $\lambda$ , Вт/м·°С                             | 0,025          |
|  | покровный | материал  | Полиэтилен     |
|  |           | толщина, м                                      | 0,001          |
|  |           | $\lambda$ , Вт/м·°С                             | 0,33           |
| Глубина заложения осей труб, м               |           | 1,7   |                |
| Характеристика грунта                        |           | состав  | Суглинок       |
|  |           | $\lambda$ , Вт/м·°С                             | 1,7            |

Таблица 3

Результаты контроля теплозащитных характеристик тепловой сети пассажирского терминала аэропорта «Курумоч»

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| Место расположения участка                            |  | Котельная – пассажирский терминал<br>Прокладка теплотрассы ( $d_{H1} = 377$ мм) |  |
| Измеренные величины                                   | максимальная температура поверхности грунта над теплотрассой, °С | – 0,5 ÷ – 2,7   |  |
|   | теплопотери тепловой сети, Вт                                    | 18500   |  |
|   | удельный тепловой поток, Вт/м                                    | 48,2  |  |
| Расчетные величины                                    | максимальная температура поверхности грунта над теплотрассой, °С | 2,6   |  |
|   | теплопотери тепловой сети, Вт                                    | 19740   |  |
|   | удельный тепловой поток, Вт/м                                    | 51,4  |  |
| Нормативное значение удельного теплового потока, Вт/м |  | 78,6  |  |

В той же таблице приведены значения скорости ветра на различных участках тепловой сети.

В табл. 2 представлены сведения о тепловой сети, необходимые для выполнения расчета теплопотерь.

По методике, изложенной выше, был выполнен расчет теплопотерь теплотрассой, а также максимальных значений температуры поверхности грунта. Результаты расчета и тепловизионного обследования представлены в табл. 3.

На основании проведенного тепловизионного обследования качества тепловой сети нового пассажирского терминала международного аэропорта «Курумоч» г. Самары сделаны следующие **выводы**:

1. Теплопотери тепловой сети пассажирского терминала соответствуют нормативным требованиям

СП 61.13330.2012 по тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.

2. Максимальные значения температуры грунта над теплотрассой по данным тепловизионного обследования не превышают расчетные значения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горин В.М., Токарева С.А., Вытчиков Ю.С. Современные ограждающие конструкции из керамзитобетона для энергоэффективных зданий // Строительные материалы. 2011. №3. С. 34-36.
2. Вытчиков Ю.С. Определение плоскости конденсации для многослойных ограждающих конструкций // Строительные материалы. 2006. №4. С. 92-94.
3. Горин В.М., Токарева С.А., Кабанова М.К., Кривопапов А.М., Вытчиков Ю.С. Перспективы применения керамзитобетона на современном этапе жилищного

строительства // Строительные материалы. 2004. №12. С. 22-23.

4. Вытчиков Ю.С., Беяков И.Г., Беякова М.К., Славов С.Д. Повышение энергоэффективности реконструируемых жилых зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. №1. С. 62-63.

5. Вытчиков Ю.С., Беяков И.Г. Исследование влажностного режима строительных ограждающих конструкций с помощью метода безразмерных характеристик // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1998. № 3. С. 76.

6. Вытчиков Ю.С., Сапарев М.Е. Повышение теплозащитных характеристик строительных ограждающих конструкций с помощью экранной тепловой изоляции // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 3. С. 52-55.

7. Вытчиков Ю.С., Дементьева А.А., Горин В.М. Теплофизический расчет трехслойной керамзитобетонной стеновой панели // Строительные материалы. 2012. № 11. С. 82-83.

8. Вытчиков Ю.С., Сапарев М.Е. Исследование теплозащитных характеристик замкнутых воздушных прослоек в строительных ограждающих конструкциях с применением экранной теплоизоляции // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. № 1. С. 98-102.

9. Вытчиков Ю.С., Беяков И.Г., Нохрина Е.Н. Утепление фасадов зданий при капитальном ремонте существующего жилого фонда Самарской области // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. №3. С.103-110.

10. Вытчиков Ю.С., Беяков И.Г. Математическое моделирование теплозащитных характеристик стеновых камней из песчаного керамзитобетона // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. Вып. № 4. С. 82-86.

11. Вытчиков Ю.С., Сапарев М.Е. Эффективность применения экранной теплоизоляции при утеплении воздуховодов // Научное обозрение. 2014. № 2. С. 104-109.

Об авторе:

#### **ЧУЛКОВ Александр Анатольевич**

аспирант кафедры общей и прикладной физики и химии Самарский государственный архитектурно-строительный университет  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (846) 339-14-76

12. Вытчиков Ю.С., Сапарев М.Е. Особенности теплотехнического расчета изолированных коротких воздуховодов систем вентиляции и кондиционирования воздуха // Научное обозрение. 2014. № 7-2. С. 549-556.

13. Вытчиков Ю.С., Евсеев Л.Д., Чулков А.А. Повышение эффективности и долговечности тепловой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения с применением скорлуп из пенополиуретана // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. Вып. № 2. С. 90-93.

14. Вытчиков Ю.С., Беяков И.Г., Вытчиков А.Ю., Евсеев Л.Д. Применение изделий из пенополиуретана в качестве эффективной тепловой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения // Безопасность и логистика транспортных систем: Труды Международной научно-практической конференции. Самара, 2004.

15. Вытчиков Ю.С., Чулков А.А. Исследование эффективности применения жидкого керамического покрытия «Корунд» в качестве тепловой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения // Научное обозрение. 2014. № 4. С. 142-145.

16. Гурьев В.В., Жолудов В.С., Петров-Денисов В.Г. Тепловая изоляция в промышленности. Теория и расчет. М.: Стройиздат, 2003. 416 с.

17. Вытчиков Ю.С., Сидорова А.В. Организация воздухообмена в современных энергоэффективных зданиях // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. Вып. № 4(12). С. 87-94.

18. Лукс А.Л., Крестин Е.А., Шувалов М.В. Анализ влияния волнисто-шероховатой поверхности на гидравлическое сопротивление и теплоотдачу при турбулентных течениях потока жидкостей в промышленных трубах // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. Вып. № 1(9). С. 93-113.

© Чулков А.А., 2015

#### **CHULKOV Aleksandr**

Post Graduate Student of the General and Applied Physics and Chemistry  
Samara State University of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. (846) 339-14-76

Для цитирования: Чулков А.А. Тепловизионный контроль качества тепловой защиты тепловой сети нового пассажирского терминала международного аэропорта «Курумоч» г. Самара // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. Вып. №2 (19). С. 107-112. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.02.17

For citation: Chulkov A.A. Heat Monitoring of Heating System Protection of a New Passenger Terminal of the Samara International Airport «Kurumoch» // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura [Vestnik of SSUACE. Town Planning and Architecture]. 2015. №2 (19). Pp. 107-112. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.02.17 (in Russian)