

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ САМАНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛАЖНОСТИ

А.О. Аль-Хаддад, Б.Я. Трофимов

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Целью проведенного исследования являлось определение характеристик прочностных свойств и усадки самана на йеменской и уральской глинах и их зависимость от влажности самана после различной продолжительности сушки.

В воздухе всегда есть водяной пар, который образуется в результате испарения воды с поверхностей океанов, морей, озер, рек и т. д.

От количества водяного пара, содержащегося в воздухе в зависимости от погодных условий, меняется не только самочувствие человека, функционирование многих его органов, но и сохранение свойств технических объектов и архитектурных сооружений, особенно это характерно для гигроскопических материалов с большой микропористостью.

Такой материал, как саман, в несколько раз изменяет свои свойства в зависимости от влажности как за счет водопоглощения, так и вследствие гигроскопичности и конденсации водяного пара. Поэтому саман распространен в странах с сухим и жарким климатом. Для Йемена характерен в течение года длительный период высоких температур при отсутствии осадков. Но в прибрежной полосе, в зимний сезон возможно повышение влажности воздуха и снижение качественных характеристик свойств самана. Поэтому установление зависимостей свойств самана от влажности является актуальной задачей.

Ключевые слова: саман, прочность, влажность самана, корректировка градуировочной зависимости.

Введение

Саман – это один из старейших строительных материалов человечества благодаря доступности сырья, многовариантности изготовления и хорошим эксплуатационным качествам. Важным фактором эффективности данного строительного материала, наряду с прочностью R на сжатие и прочностью R при изгибе, является экологичность и экономичность при значительных параметрах тепло- и звукоизоляции [1–3]. В настоящее время продолжается применение самана, рациональность и дешевизна которого вполне оправданы в малоэтажном строительстве (до трёх этажей) [4–6]. В состав самана входят глина, песок, различные органические добавки и вода. Сам процесс изготовления самана сводится к разжижению суглинка при помощи добавления в него воды. После этого пластичный компонент смешивают с песком и органическим компонентом, разминают в заранее подготовленных формах, ямах или же на специальных ровных площадках. Тщательно перемешивают до однородного состояния. Приступая к строительству, всегда есть выбор – делать саманные кирпичи или лепить готовую стену [6, 7]. В обоих случаях после высыхания затвердеет и при соблюдении всех рекомендаций в саманном строительстве, приобретут достаточную прочность, которой обладает, например, недорогой кирпич. Как любой стеновой материал саман должен обладать необходимым набором взаимосвязанных свойств – прочностью, теплопровод-

ностью, средней плотностью, влажностью, усадкой, гигроскопичностью, паропроницаемостью и др. [8].

Цель работы:

Проведение исследования двух типов глины – йеменской и южно-сычевской для получения высококачественного самана.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

– выбрать оптимальное соотношение компонентов для обеспечения максимальной прочности при усадке, не вызывающей образование трещин.

– определение и установление влияния влажности на прочность и усадку самана, с целью прогнозирования изменения несущей способности стенового материала при характерных климатических воздействиях.

Материалы и методы исследования

В исследовании использовали:

– йеменскую глину: – с месторождения Лахдж; содержит 59,6 % монтмориллонита, 11,9 % каолинита;

– глину Южно-Сычевского месторождения, в которой 27,8 % монтмориллонита, 29,6 % каолинита;

– песок кварцевый Белоносковского месторождения Мк-2,5.

Проведение исследования

Для проведения исследования было изготовлено по 21 образцу размерами 4×4×16 см из йеменской и южно-сычевской глины, образцы сушили при 45 °С в сушильном шкафу разное время и далее испытывали:

1) по 3 образца, высушенных до постоянной массы, для определения $R_{СЖА}$, $R_{ИЗГ}$, плотности и усадки;

2) по 3 образца, высушенных 10 часов, для определения $R_{СЖА}$, $R_{ИЗГ}$, влажности, плотности и усадки;

3) по 3 образца, высушенных 20 часов, для определения $R_{СЖА}$, $R_{ИЗГ}$, влажности, плотности и усадки;

4) по 3 образца, высушенных 30 часов, для определения $R_{СЖА}$, $R_{ИЗГ}$, влажности, плотности и усадки;

5) по 3 образца, высушенных 40 часов, для определения $R_{СЖА}$, $R_{ИЗГ}$, влажности, плотности и усадки;

6) по 3 образца, высушенных 50 часов, для определения $R_{СЖА}$, $R_{ИЗГ}$, влажности, плотности и усадки;

7) по 3 образца, высушенных 60 часов, для определения $R_{СЖА}$, $R_{ИЗГ}$, влажности, плотности и усадки.

Результаты испытания приведены в табл. 1, 2 и на рис. 1, 2.

Для установления градуировочной зависимости применяли метод наименьших квадратов с использованием следующих формул.

Зависимости отклика от влажности принимали линейными:

$$R = aH + b, \quad (1)$$

где R – значения отклика ($R_{СЖА}$, $R_{ИЗГ}$, усадка и плотность), H – переменный фактор, a , b – коэффициенты уравнений.

Величину коэффициента a определяли по формуле

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N [(R_{i\phi} - \bar{R}_{\phi})(H_i - \bar{H})]}{\sum_{i=1}^N (H_i - \bar{H})^2}, \quad (2)$$

где $R_{i\phi}$ – i -е значение отклика; \bar{R}_{ϕ} – среднее арифметическое значение отклика, H_i – i -е значение влажности, \bar{H} – среднее арифметическое значение влажности,

\bar{H} , \bar{R} определяли по формулам:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N}; \quad (3)$$

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^N H_i}{N}. \quad (4)$$

Величину коэффициента b определяли по формуле

$$b = \bar{R}_{\phi} - a\bar{H}. \quad (5)$$

Для определения S средней квадратичной погрешности использовали формулу

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (R_{iH} - R_{i\phi})^2}{N - 2}}, \quad (6)$$

где R_{iH} , $R_{i\phi}$ – значение отклика по полученным линейным зависимостям (1); и R_{ϕ} – фактическое значение отклика по результатам испытания; N – число испытанных образцов.

Погрешность полученных уравнений определялась по формуле

$$\Pi = \frac{S}{\bar{R}_{\phi}}. \quad (7)$$

Отбраковка результатов испытаний проводилась по формуле

$$\frac{|R_{i\phi} - R_{iH}|}{S} \leq 2, \quad (8)$$

R_{iH} – значение отклика по градуировочным зависимостям.

r – коэффициент корреляции, получаемый с учетом отбраковки, определялся по формуле

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N [(R_{iH} - \bar{R}_H)(R_{i\phi} - \bar{R}_{\phi})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (R_{iH} - \bar{R}_H)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (R_{i\phi} - \bar{R}_{\phi})^2}} < 0,7. \quad (9)$$

Результаты расчета аппроксимирующих зависимостей свойств самана на йеменской глины от влажности приведены в табл. 3.

Результаты расчета аппроксимирующих зависимостей свойств самана на южно-сычевской глине от влажности приведены в табл. 4.

Таблица 1

Результаты испытаний образцов самана с различной влажностью на йеменской глине

| № | Отклики | | | | | |
|-----|----------|---|----------------------------|--------|----------------------------|----------------------|
| | Масса, г | Плотность ρ , г/см ³ | Прочность $R_{\text{МПа}}$ | | Усадка $\Delta l/l$, % | Влажность H , % |
| | | | изгиб | сжатие | | |
| 1.1 | 397 | 1,551 | 0,78 | 1,30 | 1,21 | 9,82 |
| 1.2 | 399 | 1,559 | 0,74 | 1,24 | | 10,2 |
| 1.3 | 392 | 1,531 | 0,75 | 1,28 | | 10,3 |
| 2.1 | 374 | 1,461 | 1,04 | 2,16 | 3,63 | 8,3 |
| 2.2 | 371 | 1,449 | 1,07 | 2,32 | | 8,6 |
| 2.3 | 379 | 1,480 | 1,09 | 2,32 | | 8,1 |
| 3.1 | 366 | 1,430 | 1,43 | 2,72 | 4,24 | 6,3 |
| 3.2 | 363 | 1,418 | 1,49 | 2,76 | | 6,9 |
| 3.3 | 369 | 1,441 | 1,51 | 2,84 | | 6,7 |
| 4.1 | 359 | 1,402 | 1,64 | 3,16 | 6,66 | 3,8 |
| 4.2 | 351 | 1,371 | 1,69 | 3,24 | | 3,7 |
| 4.3 | 354 | 1,383 | 1,71 | 3,24 | | 3,8 |
| 5.1 | 342 | 1,336 | 1,81 | 4,2 | 8,1 | 1,8 |
| 5.2 | 347 | 1,355 | 1,79 | 4,0 | | 1,8 |
| 5.3 | 344 | 1,344 | 1,83 | 4,4 | | 1,6 |
| 6.1 | 332 | 1,297 | 1,87 | 4,6 | 8,48 | 0,47 |
| 6.2 | 329 | 1,285 | 1,88 | 4,6 | | 0,56 |
| 6.3 | 327 | 1,277 | 1,90 | 4,68 | | 0,69 |
| 7.1 | 309 | 1,207 | 1,95 | 5,08 | 9,09 | 0 |
| 7.2 | 311 | 1,215 | 1,94 | 5,0 | | 0 |
| 7.3 | 313 | 1,223 | 1,98 | 5,1 | | 0 |

Таблица 2

Результаты испытаний образцов самана с различной влажностью на южно-сычевской глине

| № | Отклики | | | | | |
|-----|----------|------------------------------------|----------------------------|--------|-------------------|-------------------|
| | Масса, г | Плотность ρ , г/см ³ | Прочность R _{МПа} | | Усадка Δℓ/ℓ, % | Влажность H, % |
| | | | изгиб | сжатие | | |
| 1.1 | 404 | 1,578 | 0,81 | 1,60 | 1,5 | 9,7 |
| 1.2 | 407 | 1,590 | 0,83 | 1,52 | | 10,0 |
| 1.3 | 402 | 1,570 | 0,80 | 1,58 | | 9,9 |
| 2.1 | 98 | 1,555 | 0,98 | 2,60 | 2,3 | 7,9 |
| 2.2 | 392 | 1,531 | 1,02 | 2,52 | | 8,1 |
| 2.3 | 397 | 1,551 | 0,97 | 2,46 | | 8,2 |
| 3.1 | 362 | 1,414 | 1,36 | 3,44 | 4,6 | 6,4 |
| 3.2 | 367 | 1,434 | 1,41 | 3,36 | | 6,6 |
| 3.3 | 369 | 1,441 | 1,38 | 3,20 | | 6,8 |
| 4.1 | 348 | 1,359 | 1,66 | 4,60 | 5,2 | 4,7 |
| 4.2 | 341 | 1,332 | 1,64 | 4,96 | | 4,3 |
| 4.3 | 344 | 1,343 | 1,69 | 4,92 | | 4,2 |
| 5.1 | 331 | 1,293 | 1,88 | 5,60 | 7,6 | 2,9 |
| 5.2 | 336 | 1,313 | 1,89 | 5,80 | | 2,7 |
| 5.3 | 332 | 1,297 | 1,83 | 6,00 | | 2,1 |
| 6.1 | 325 | 1,297 | 1,90 | 6,50 | 7,9 | 0,7 |
| 6.2 | 322 | 1,285 | 1,91 | 6,24 | | 1,1 |
| 6.3 | 329 | 1,277 | 1,90 | 6,44 | | 0,9 |
| 7.1 | 307 | 1,199 | 1,98 | 7,20 | 9,4 | 0 |
| 7.2 | 304 | 1,188 | 2,01 | 7,86 | | 0 |
| 7.3 | 304 | 1,188 | 2,03 | 7,79 | | 0 |

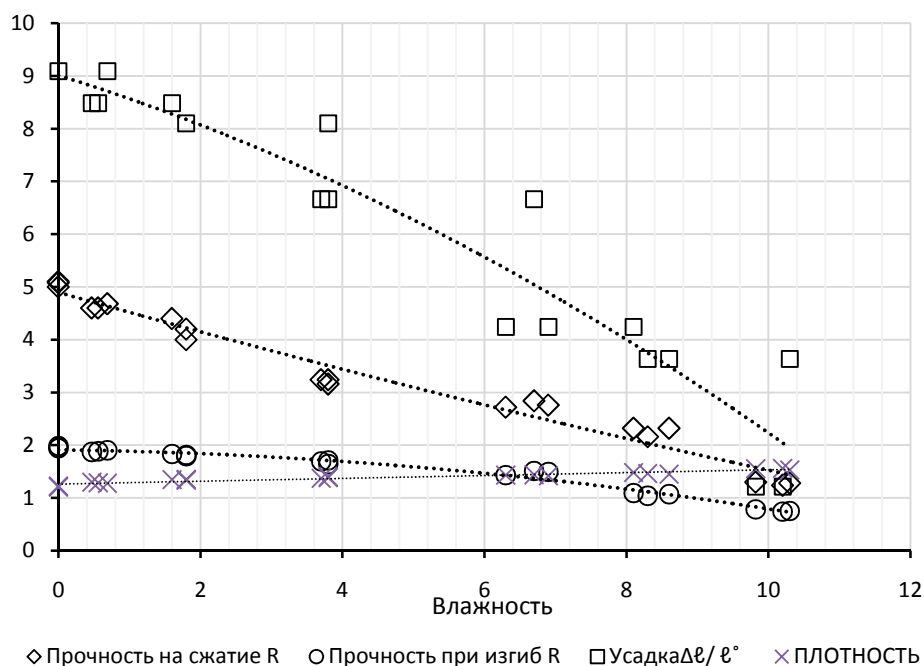


Рис. 1. Влияние влажности на плотность, усадку и прочность при изгибе и сжатии (R) образцов на йеменской глине

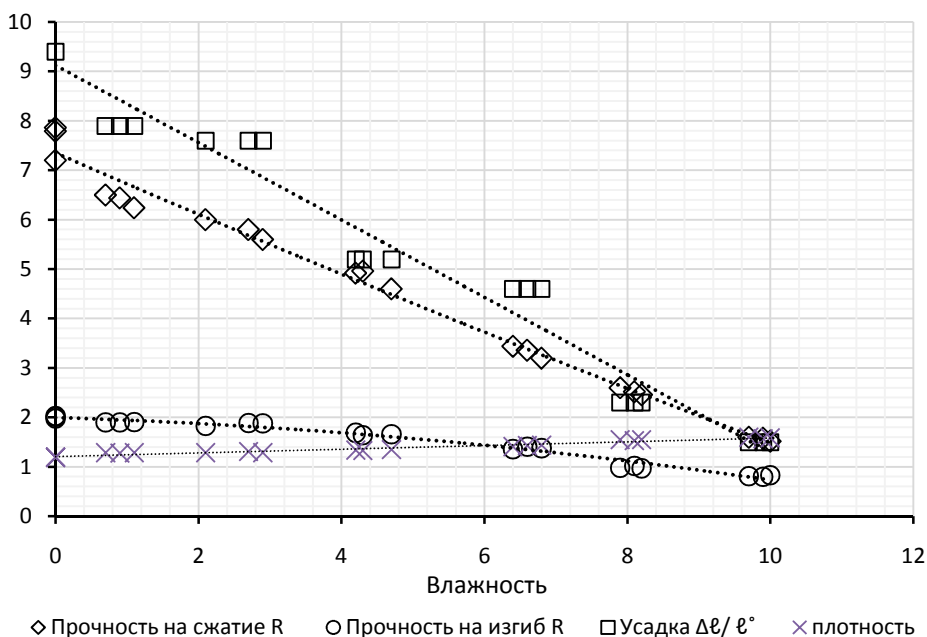


Рис. 2. Влияние влажности на усадку и прочность при изгибе и сжатии (R) образцов на южно-сычевской глине

Закключение

1. Все свойства зависят от влажности, с уменьшением влажности повышается прочность, усадка и понижается плотность.

2. Образцы самана, изготовленные из разных глин близкого состава, характеризуются

разными значениями прочности: на Йеменской глине R при сжатии высушенных образцов в 1,5 раза меньше, чем на южно-сычевской глине, а R при изгибе практически одинаковые, вероятно это связано с минералогическим составом глин.

Таблица 3

Результаты расчета аппроксимирующих зависимостей свойств самана на йеменской глине от влажности

| Зависимости | $\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N}$ | $\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^N H_i}{N}$ | $a = \frac{\sum_{i=1}^N [(R_{i\phi} - \bar{R}_{\phi})(H_i - \bar{H})]}{\sum_{i=1}^N (H_i - \bar{H})^2}$ | $b = \bar{R}_{\phi} - a\bar{H}$ | $\Pi = \frac{S}{\bar{R}_{\phi}} < 0,15$ | $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (R_{i\phi} - R_{i\phi})^2}{N-2}}$ | $r > 0,7$ |
|------------------------------|--|--|---|---------------------------------|---|---|-----------|
| Зависимости $R_{изг}$ от H | 1,52 | 4,45 | -0,11 | 1,98 | 0,05 | 0,08 | 0,98 |
| Зависимости $R_{сжа}$ от H | 3,34 | 4,45 | -0,34 | 4,85 | 0,068 | 0,23 | 0,99 |
| Зависимости усадки от H | 6,15 | 4,45 | -0,74 | 9,21 | 0,076 | 0,47 | 0,99 |

Таблица 4

Результаты расчета аппроксимирующих зависимостей свойств самана на южно-сычевской глине от влажности

| Зависимости | $\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N}$ | $\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^N H_i}{N}$ | $a = \frac{\sum_{i=1}^N [(R_{i\phi} - \bar{R}_{\phi})(H_i - \bar{H})]}{\sum_{i=1}^N (H_i - \bar{H})^2}$ | $b = \bar{R}_{\phi} - a\bar{H}$ | $\Pi = \frac{S}{\bar{R}_{\phi}} < 0,15$ | $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (R_{i\phi} - R_{i\phi})^2}{N-2}}$ | $r > 0,7$ |
|------------------------------|--|--|---|---------------------------------|---|---|-----------|
| Зависимости $R_{изг}$ от H | 1,52 | 4,63 | -0,12 | 2,08 | 0,072 | 0,11 | 0,98 |
| Зависимости $R_{сжа}$ от H | 4,58 | 4,63 | -0,59 | 7,31 | 0,05 | 0,24 | 0,99 |
| Зависимости усадки от H | 5,50 | 4,63 | -0,73 | 8,7 | 0,10 | 0,56 | 0,98 |

Литература

1. Усачев, А.М. Повышение эффективности процесса сушки сырца керамического кирпича пластического формования: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / А.М. Усачев. – Воронеж, 2006. – 24 с.

2. Янакурт, О.В. Предметоморфические изменения осадочных пород в эоцено-эоцене: Процессы и факторы / О.В. Янакурт. – М.: ГЕОС, 1999. – 260 с.

3. Котельников, Д.Д. Глинистые минералы осадочных пород / Д.Д. Котельников, А.И. Конюхов. – М.: Недра, 1986. – 247 с.

4. (Aesthetic values of the Facades of the Historical Building of the Old City of Zabid as a Method of Conservation for the Architecture in Yemen).

5. Haddad Abdul Rahman Yahya. Old Sanaa –

historical and cultural content / Haddad Abdul Rahman Yahya. – Sanaa, 1992. – 112 p.

6. Табет Салем Аль-Азаб. Безобжиговые строительные материалы на основе глинистых пород Йемена: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Табет Салем Аль-Азаб. – Белгород, 2009. – 211 с.

7. Богданов, А.Н. Модификация глинистого сырья полифункциональными добавками для производства стеновой керамики: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / А.Н. Богданов. – Казань, 2015. – 20 с.

8. Мохаммед Хамуд Ахмед Касем. Особенности формирования жилища в крупных городах Йемена / Мохаммед Хамуд Ахмед Касем // Доклады 60-й научной конференции СПбГАСУ. – СПб., 2003. – Ч. 11. – С. 68–70.

Аль-Хаддад Ахмед Осман Омар, аспирант кафедры строительных материалов и изделий, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), alhaddad220@yahoo.com

Трофимов Борис Яковлевич, доктор технических наук, профессор, кафедра строительных материалов и изделий, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), tbya@mail.ru

Поступила в редакцию 15 декабря 2017 г.

CHANGE OF ADOBE PROPERTIES DEPENDING ON HUMIDITY

A.O. Al-Haddad, *alhaddad220@yahoo.com*

B.Ya. Trofimov, *tbya@mail.ru*

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The purpose of the research is determining characteristics of strength properties and shrinkage of adobe on the Yemen and Ural clays and its dependence on adobe's humidity at different times of drying.

There is always water vapor in the air that is formed as a result of water evaporation from the surfaces of oceans, seas, lakes, rivers, etc.

The amount of water vapor contained in the air, dependent on the weather, determines a person's well-being, the functioning of many of his organs, as well as the preservation of properties of technical objects and architectural structures; this is a characteristic feature of hygroscopic materials with high microporosity.

Such material as adobe changes its properties in several times depending on humidity due to both water consumption and as a result of hygroscopic property and condensation of water vapor. Therefore, adobe is frequently used in countries with hot dry climate. For Yemen, a long period of high temperatures while absence of rainfall is a characteristic phenomenon. Nevertheless, at the coastland, an increase of air humidity and decrease of qualitative characteristics of adobe's properties becomes possible during the winter season. Therefore determining dependencies of adobe's properties on humidity is a relevant objective.

Keywords: adobe, strength, adobe humidity, correction of calibration dependence.

References

1. Usachev A.M. *Povyshenie effektivnosti protsessy sushki syr'tsa keramicheskogo kirpicha plasticheskogo formovaniya*. Avtoref. kand. diss. [Increasing the Efficiency of the Drying Process of Raw Ceramic Bricks of Plastic Molding. Abstract of kand. diss.]. Voronezh, 2006. 24 p.
2. Yapaskurt O.V. *Predmetamorficheskie izmeneniya osadochnykh porod v eatisfere: Protsessy i factory* [Subject-Morphological Changes in Sedimentary Rocks in the Étis-sphere: Processes and Factors]. Moscow, GEOS Publ., 1999. 260 p.
3. Kotelnikov D.D., Konyukhov A.I. *Glinistye mineraly osadochnykh porod* [Clay Minerals of Sedimentary Rocks]. Moscow, Nedra, 1986. 247 p.
4. Aesthetic values of the Facades of the Historical Building of the Old City of Zabid As a Method of Conservation for the Architecture in Yemen.
5. Haddad Abdul Rahman Yahya. [Old Sanaa – historical and cultural]. Sanaa, 1992. 112 p.
6. Tabet Salem Al'-Azab. *Bezobzhigovye stroitel'nye materialy na osnove glinistyykh porod Yemena*. Dis. kand. tekhn. nauk [Bezobzhigovye Building Materials on the Basis of Clay Rocks of Yemen. Cand. sci. diss.]. Belgorod, 2009. 211 p.
7. Bogdanov A.N. *Modifikatsiya glinistogo syr'ya polifunktsional'nymi dobavkami dlya proizvodstva stenovoy keramiki*. Avtoref. kand. diss. [Modification of Clay Raw Materials with Polyfunctional Additives for the Production of Wall Ceramics. Abstract of kand. diss.]. Kazan', 2015. 20 p.
8. Mokhammed Khamud Akhmed Kasem. [Features of the Formation of Housing in Large Cities of Yemen]. *Doklady 60-y nauchnoy konferentsii SPBG ASU* [Reports of the 60th Scientific Conference of the SPU ASU]. Saint Petersburg, 2003, no. 11, pp. 68–70 (in Russ.).

Received 15 December 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Аль-Хаддад, А.О. Изменение свойств самана в зависимости от влажности / А.О. Аль Хаддад, Б.Я. Трофимов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 41–46. DOI: 10.14529/build180103

FOR CITATION

Al-Haddad A.O., Trofimov B.Ya. Change of Adobe Properties Depending on Humidity. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2018, vol. 18, no. 1, pp. 41–46. (in Russ.). DOI: 10.14529/build180103