

УДК 691.327.3

МОДЕЛЮВАННЯ НДС АРМАТУРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ І АРМОВАНИХ ШПОНОК, ЯК ЕЛЕМЕНТІВ ПІДСИЛЕННЯ, ВЕЛИКОПАНЕЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ СЕРІЇ 1-480

САВИЦЬКИЙ М. В.¹, *д.т.н, проф.*,
 МАХІНЬКО М. М.², *к.т.н, доц.*,
 ПАНЧЕНКО М.В.³, *к.т.н, доц.*

¹ Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

² Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: kolia27-85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5514-8672

³ Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: pan54@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3718-8388

Анотація. Постановка проблеми. В Україні існує житловий фонд загальною площею біля 1 млрд. м² або 10,4 млн. будівель. За статистичними оцінками фізичний знос житлових будівель перших масових серій оцінюється близько 60%. Згідно із прогнозами в найближче десятиліття частка старого та аварійного житла в деяких районах країни досягне 70-90%. Ситуація ускладнюється тим, що практично ніде не проводиться плановий капітальний ремонт будівель, здатний продовжити їх ресурс. Проблема забезпечення довговічності конструкцій і споруд з бетону та залізобетону в даний час стає все більш актуальною. Великі масштаби застосування цих будівельних матеріалів в умовах агресивних впливів викликають значні витрати коштів на поточні та капітальні ремонти протягом терміну служби конструкцій. Стикові з'єднання панелей є найбільш відповідальними елементами несучої системи панельного будинку і насамперед їх з'єднання на металевих закладних деталях, які частіше піддаються корозії. При корозійних руйнуваннях цих конструктивних елементів знижується міцність і просторова жорсткість конструкцій і будівлі в цілому, погіршуються теплотехнічні характеристики внаслідок руйнування матеріалу огорожувальних конструкцій. **Мета.** Метою роботи є дослідження напружено-деформованого стану (НДС) великопанельних житлових будівель (на прикладі серії 1-480) при корозії арматурних зв'язків. **Висновок.** Для визначення необхідних параметрів елементів підсилення вертикальних стиків великопанельних будинків (необхідного діаметра арматури скоби ПАШС) при різній можливій корозії арматурних зв'язків панелей виконано моделювання напружено - деформованого стану вузлових з'єднань зовнішніх стінових панелей великопанельного будівлі серії 1-480, підсилені полімеррастворними армованими шпонками зі скобою (ПАШС). Встановлено що при корозії закладних деталей на 50%, стінові панелі необхідно підсилювати арматурними стержнями 12 мм, і лише на 5 поверсі у верхній закладній деталі необхідно провести підсилення арматурними стержнями діаметром 14 мм, при 70% підсилення стінових панелей виконати з арматури 14 мм і тільки у верхніх закладних деталях 5 поверху арматурними стержнями діаметром 20 мм.

Ключові слова: армовані шпонки зі скобою, штраба, великопанельні будівлі, напружено-деформований стан.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НДС АРМАТУРНЫХ СВЯЗЕЙ И АРМИРОВАННЫХ ШПОНОК, КАК ЭЛЕМЕНТОВ УСИЛЕНИЯ, КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ СЕРИИ 1-480

САВИЦЬКИЙ Н. В.¹, *д.т.н, проф.*,
 МАХІНЬКО Н. Н.², *к.т.н, доц.*,
 ПАНЧЕНКО Н.В.³, *к.т.н, доц.*

¹ Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

² Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: kolia27-85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5514-8672

³ Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: pan54@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3718-8388

Аннотация. Постановка проблемы. В Украине существует жилой фонд общей площадью около 1 млрд. м² или 10,4 млн зданий. По статистическим оценкам физический износ жилых зданий первых массовых серий оценивается около 60%. Согласно прогнозам в ближайшее десятилетие доля ветхого и аварийного жилья в некоторых районах страны достигнет 70-90%. Ситуация осложняется тем, что практически нигде не проводится плановый капитальный ремонт зданий, способный продлить их ресурс. Проблема обеспечения долговечности конструкций и сооружений из бетона и железобетона в настоящее время становится все более актуальной. Большие масштабы применения этих строительных материалов в условиях агрессивных воздействий вызывают значительные расходы средств на текущие и капитальные ремонты в течение срока службы конструкций. Стыковые соединения панелей является наиболее ответственными элементами несущей системы панельного дома и прежде всего их соединения на металлических закладных деталях, которые чаще всего подвергаются коррозии. При коррозионных разрушениях этих конструктивных элементов снижается прочность и пространственная жесткость конструкций и здания в целом, ухудшаются теплотехнические характеристики вследствие разрушения материала ограждающих конструкций. **Цель.** Целью работы является исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) крупнопанельных жилых зданий (на примере серии 1-480) при коррозии арматурных связей. **Вывод.** Для определения необходимых параметров элементов усиления вертикальных стыков крупнопанельных зданий (требуемого диаметра арматуры скобы ПАШС) при различной возможной степени коррозии арматурных связей панелей выполнено моделирование напряженно – деформированного состояния узловых соединений наружных стеновых панелей крупнопанельного здания серии 1-480, усиленных полимеррастворными армированными шпонками со скобой (ПАШС). Установлено что при коррозии закладных деталей на 50 %, стеновые панели необходимо усилить арматурными стержнями 12 мм, и только на 5 этаже в верхней закладной детали необходимо произвести усиление арматурными стержнями диаметр 14 мм, при 70 % усиление стеновых панелей выполнить из арматуры 14 мм и только в верхних закладных деталях 5 этажа арматурными стержнями диаметром 20 мм.

Ключевые слова: армированные шпонки со скобой, штраба, крупнопанельные здания, напряженно-деформированное состояние

MODELING SSS STEEL TIES AND REINFORCED DOWELS, AS AN ELEMENT OF THE GAIN LARGE-RESIDENTIAL BUILDING SERIES 1-480

SAVYTSKYI M. V. ¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
 MAKHINKO N. N. ² *Ph.D.*,
 PANCHENKO M.V. ³ *Ph.D.*

^{1*} Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

^{2*} Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: kolia27-85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5514-8672

^{3*} Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: pan54@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3718-8388

Summary. Raising of problem. In Ukraine there are housing a total area of about 1 billion. or 10.4 million m² of buildings. According to statistical estimates of physical deterioration of residential buildings first mass series is estimated around 60%. According to the forecasts in the next decade the proportion of old and dilapidated housing in some areas of the country will reach 70-90%. The situation is complicated by the fact that almost never carried out a planned overhaul of buildings that can prolong their life. The problem of ensuring the durability of structures and buildings made of concrete and reinforced concrete is now becoming increasingly important. Large scale use of these building materials in aggressive actions cause significant costs of funds for repairs and renewals during the life of the structure. Butt joints of panels is the most critical elements of the support system panel building, and above all their compounds on metal embedded parts, which are often subject to corrosion. When corrosive destruction of these structural elements is reduced strength and stiffness of the spatial structures and buildings in general, thermal performance deteriorates due to the destruction of the material walling. **Purpose** The aim is to study the stress-strain state (SSS) of large apartment buildings (for example, a series 1-480) with corrosion of reinforcing ties. **Conclusion.** To determine the necessary parameters of elements of strengthening vertical joints of large buildings at different possible corrosion of reinforcing ties panels modeled stress - strain state nodal joints of exterior wall panels of large buildings Series 1-480 reinforced polymerrastvorными reinforced dowels with bracket (Paschs). It has been established that the corrosion of embedded parts by 50%, wall panels must usilyat reinforcing bars 12 mm, and only on the 5th floor at the top of the fixing is necessary to make strengthening reinforcement

bars diameter 14 mm, and 70% increased wall panels are made of 14 mm rebar and only Top mortgages details 5th floor reinforcement bars 20 mm in diameter.

Key words: Reinforced with dowels bracket, indent, large-building, stress-strain state.

Постановка проблемы

Проблема обеспечения долговечности конструкций и сооружений из бетона и железобетона в настоящее время становится все более актуальной. Большие масштабы применения этих строительных материалов в условиях агрессивных воздействий вызывают значительные затраты средств на текущие и капитальные ремонты в течение срока службы конструкций.

Стыковые соединения панелей являются наиболее ответственными элементами несущей системы панельного здания и прежде всего их соединения на металлических закладных деталях, которые чаще всего подвержены коррозии. При коррозионных разрушениях этих конструктивных элементов снижается прочность и пространственная жесткость конструкций и здания в целом, ухудшаются теплотехнические характеристики вследствие разрушения материала ограждающих конструкций.

Цель статьи

Исследование напряженно - деформированного состояние крупнопанельных жилых зданий (на примере серии 1-480) при коррозии арматурных связей.

Изложение основного материала.

Усиление с помощью армированной шпонки со скобой (ПАШС) представляет собой штрабу, вырезанную в бетоне стыкуемых элементов, армированную в зависимости от действующих усилий одним или несколькими стержнями определенного диаметра и заполненную ремонтным составом. Для определения необходимых параметров элементов усиления (требуемого диаметра арматуры скобы) при различной возможной степени коррозии арматурных связей панелей выполнялось моделирование напряженно – деформированного состояния узловых соединений наружных стеновых панелей крупнопанельного здания серии 1-480, усиленных полимеррастворными армированными шпонками со скобой (ПАШС).

Усиление выполнено в виде арматурных стержней, которые располагаются вверху и внизу с наружной стороны стеновых панелей в местах, где расположены арматурные связи стеновых панелей (рис. 1,2).

Объектами, отраженными в геометрической и расчетной модели, являлись стеновые панели, а также внутренние арматурные связи и арматурный стержень усиления. При этом учитывалась предпосылка о том, что выполняется надежная

анкеровка арматурного стержня усиления в смежных панелях.

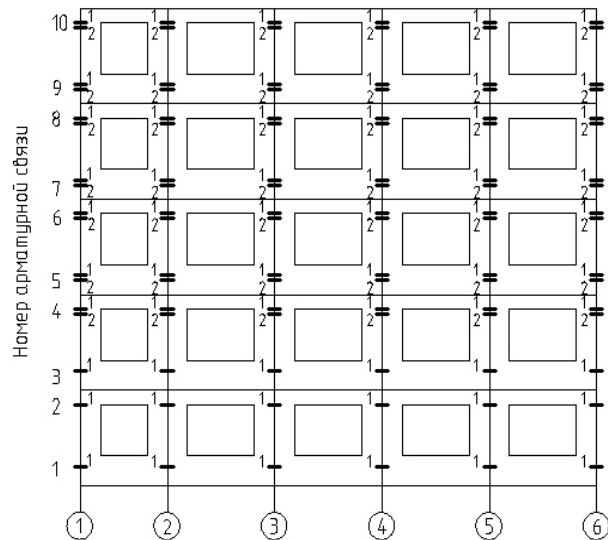


Рис 1. Схема фасада здания серии 1-480 с арматурными связями узловых соединений и элементами усиления при коррозии арматурных связей на 50%. 1 – арматурные связи; 2 – элементы усиления / The scheme of the facade series 480 with steel ties nodal connections and reinforcements from corrosion of reinforcing ties 50%

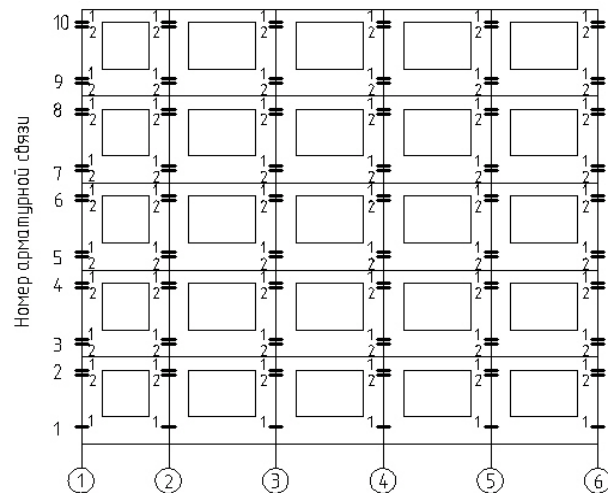


Рис 2. Схема фасада здания серии 1-480 с арматурными связями узловых соединений и элементами усиления при коррозии арматурных связей на 70%. 1 – арматурные связи; 2 – элементы усиления / The scheme of the facade of the building with steel ties nodal connections and reinforcements from corrosion of reinforcing ties 70%

Расчет напряженно-деформированного состояния узловых соединений наружных стеновых панелей крупнопанельного здания серии 1-480, усиленных полимеррастворными армированными шпонками со скобой (ПАШС), был произведен с использованием программного комплекса SCAD Office 11.3.

В программном комплексе SCAD Office 11.3 моделировалось внешнее усиление стеновых панелей крупнопанельного здания скобами различного диаметра в зависимости от степени коррозии арматурных связей стеновых панелей. Выбор диаметра элементов усиления проводился методом последовательных приближений до выполнения условий прочности на разрыв арматурных связей и элементов усиления.

Результаты расчета НДС арматурных связей узловых соединений наружных стеновых панелей крупнопанельного здания серии 1-480 и арматурных элементов усиления (ПАШС) приведены на рис. 2, 3 и таблице 1.

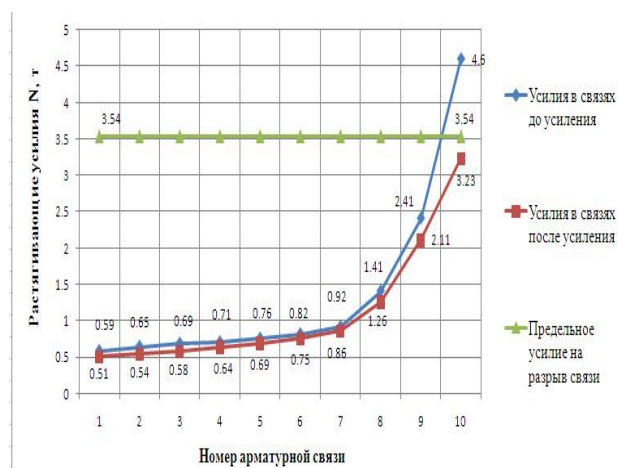


Рис. 3. Распределение усилий растяжения в арматурных связях вертикальных стыков панелей по оси "5" при коррозии 50%
/ The distribution of tensile forces in the vertical joints ties reinforcing panels along the axis "5" corrosion at 50%

При коррозии закладных деталей на 50%, максимальное фактическое усилие составило 4,6 т. После введения дополнительного усиления стыков в панелей 1 - 4 этажей в виде стержней арматуры диаметром 12 мм и арматуры диаметра 14 мм в верхних закладных деталях 5 этажа, усилие уменьшилось до 3,23 т., что меньше предельного усилия на разрыв которое составляет 3,54 т.

При коррозии закладных деталей на 70% максимальное фактическое усилие составило 3,65 т. После введения дополнительного усиления в виде стержней арматуры 14 мм и арматуры диаметра 20

мм только в верхних связях 5 этажа, усилие уменьшилось до 1,87 т., что меньше предельного усилия на разрыв которое составляет 2,12 т.

На рис 3 видно, что до усиления стеновых панелей, усилия в обеих связях 5 этажа выключились, но после того как было введено дополнительное армирование, усилие не превышает предельного усилия на разрыв связи.

В результате численного моделирования было установлено, что при коррозии 50% в качестве усиления связей стеновых панелей с первого по четвертый этаж включительно, для восприятия действующих усилий, достаточно установки 1 арматурного стержня 12 диаметра А400С в месте расположения связей. При коррозии 70% в качестве усиления связей стеновых панелей с первого по четвертый этаж включительно достаточно установки 1 арматурного стержня 14 диаметра А400С.

Для усиления связей пятого этажа, где возникают максимальные усилия, 1Ø14 А400С будет достаточно только при 50% коррозии в связях стеновых панелей. При коррозии 70%

усиление нужно выполнять 1Ø20 А400С.

При коррозии 70% усиление нужно выполнять 1Ø20 А400С. Армированные шпонки располагались вверху и внизу стеновой панели только с наружной стороны, в местах расположения закладных деталей. При коррозии 70% усиление нужно выполнять 1Ø20 А400С.

Выводы

Для определения необходимых параметров элементов усиления вертикальных стыков крупнопанельных зданий (требуемого диаметра арматуры скобы ПАШС) при различной возможной степени коррозии арматурных связей панелей выполнено моделирование напряженно – деформированного состояния узловых соединений наружных стеновых панелей крупнопанельного здания серии 1-480,

усиленных полимеррастворными армированными шпонками со скобой (ПАШС). Установлено что при коррозии закладных деталей на 50 %, стеновые панели необходимо усилить арматурными стержнями 12 мм, и только на 5 этаже в верхней закладной детали необходимо произвести усиление арматурными стержнями диаметр 14 мм, при 70 % усиление стеновых панелей выполнить из арматуры 14 мм и только в верхних закладных деталях 5 этажа арматурными стержнями диаметром 20 мм.

**Результаты оценки НДС арматурных связей и элементов усиления стеновых панелей
крупнопанельного жилого здания серии 1-480**
**The results of evaluation SSB reinforcing elements strengthen ties and wall panels of large residential
building series 1-480**

% коррозии арматурных связей	Условный диаметр арматурной связи, мм	Диаметр арматуры элемента усиления, мм	Диаметр верхней арматуры усиления 5 этажа, мм	Прочность на разрыв арматурной связи, т	Усиле в арматурной связи 5 этажа от расчетного сочетания нагрузок, т	Усиле в арматурной связи 5 этажа от расчетного сочетания нагрузок после усиления, т	Усиле в арматуре элемента усиления 5 этажа от расчетного сочетания нагрузок, т
50	14	12	14	3,54	4,6	3,23	1,37
70	10,8	14	20	2,12	3,65	1,87	1,75

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА /REFERENCES

1. Ресурс залізобетонних конструкцій / Є. В. Клименко, В. С. Дорофеев // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: ОДАБА, 2012. – Вип. 47, частина 2. – С. 111-117.

Resource concrete structures / EV Klimenko, VS Dorofeev // Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. - Odessa: ODABA, 2012. - Vol. 47, Part 2. - P. 111-117.

2. Напряженно – деформированное состояние поврежденных сжатых бетонных элементов / Є. В. Клименко, М. Г. Мустафа // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: ОДАБА, 2012. – Вип. 46. – С. 169–174.

The stress - strain state of corrupted compressed concrete elements / Je Klimenko, MG Mustafa // News Odeskoï State Academy budivnitstva that arhitekturi. - Odes: ODABA, 2012. - Vol. 46. - P. 169-174.

3. Проблемы ресурса конструкций, сооружений и оборудования в Украине / Б. Е. Патон // Будівельні конструкції. – 2011. – Вип.54. – С. 18–23.

The problems of resource structures, facilities and equipment in Ukraine / Paton // Budivelni konstruktсії. - 2011. - Vol.54. - S. 18-23.

4. Экспериментальные исследования керамзитобетонных образцов с применением армированных шпонок / Н. В. Савицкий, Н. Н. Махинько // Вісник Придніпровської державної

академії. – Дніпропетровськ: ПГАСА, 2013. – № 1–2. – С. 43–46.

Experimental studies using aggregate concrete specimens reinforced with dowels / NV Savitsky, NN Mahinko // News Pridniprovskoï State Academy. - Dnipropetrovs'k: PGASA, 2013. - № 1-2. - С. 43-46.

http://pgasa.dp.ua/a/international%20conferences/inovacii/archive/vipusk_69_2013.pdf

5. Прочность горизонтальных стыков железобетонных конструкций / Б. С. Соколов, Г. П. Никитин. – М.: Стройиздат, 2010. –189 с.

The strength of horizontal joints of reinforced concrete structures / BS Sokolov, G. Nikitin. - М. : Stroyizdat, 2010. -189 p.

6. Исследование прочности и деформаций горизонтальных стыков панелей / Морозов Ю.Б., Седловец Г. Ф. // Исследование прочности и расчет конструкций многоэтажных зданий. М.: МНИИТЭП. 1971. 253 с.

The study of strength and deformation of the horizontal panel joints / Morozov Yu, Sedlovets GF // The study of strength and structural analysis of multi-storey buildings. М. : МНИИТЕP. 1971. 253 p.

7. Рекомендации по восстановлению и усилению крупнопанельных зданий полимеррастворами. – Тбилиси: Ротапринт ТбилЗНИИЭП, 1984. – 195 с.

Recommendations for the restoration and strengthening of large-panel buildings

polimerrastvorami. - Tbilisi: TbilZNIIEP offset duplicator, 1984. - 195 p.

8. Исследование прочности и устойчивости элементов внутренних несущих сплошных легкобетонных стеновых панелей и узлов крупнопанельных зданий / Колманок А. С. - М. 1950. 255 с.

Study of the strength and stability of the elements of internal bearing solid light concrete wall panels and parts of large buildings / Kolmanok AC - M. 1950. 255 p.

9. Исследование вертикальных стыков наружных стен крупнопанельных зданий, возводимых в обычных условиях / Уваров В. С. -: Работа конструкций жилых зданий из крупнопанельных элементов, труды ЦНИИЭП жилища – М : Госстройиздат, 1963. С.134 - 145.

Investigation of vertical joints of exterior walls of large buildings erected in normal / Uvarov BC -: Work of residential buildings of large-elements works TSNIIEPzhilishcha - M: Gosstroizdat, 1963. P.134 - 145.

10. American Concrete Institute. Building code requirements for reinforced concrete (ACI 318-77) // Chapter 10. Included in: ACI Manual of concrete practice 1978. Part 2. – Detroit, 1978. – 180 p.

11. Okamoto S. Abstract on Structural Behaviour of an 8-storey Precast Prestressed Concrete Housing Structure / S. Okamoto // Journal of Japan Prestressed Concrete Engineering Association. Vol. 12, No 4, July, 1970.

12. Inomata S. Comparative Study on Behaviour of Prestressed and Reinforced Concrete Beams Subjected to Reversed Loading / Inomata S. -Journal of Japan Prestressed Concrete Engineering Association. Vol. 11, No 1, March, 1969.

13. Araldsen P.O. The finite element method using super elements. The SESAM-69 system / P. O. Araldsen, E. M. Rosen // conf On Modern and design. Berkley: University of California. – 1970.

Статья поступила в редколлегию 24.04.2015