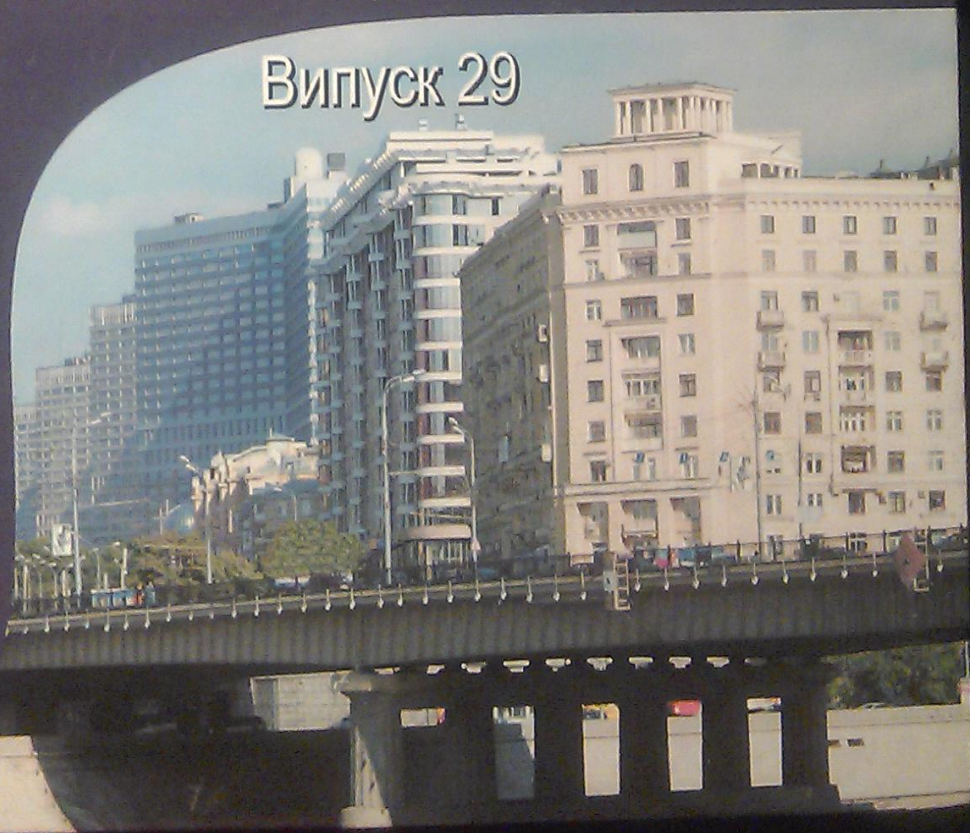


# РЕСУРСОЕКОНОМНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

Випуск 29



Міністерство освіти і науки України  
Академія будівництва України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Північно-Західне територіальне відділення АБУ

# РЕСУРСОЕКОНОМНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

Збірник наукових праць

Випуск 29

*Присвячується 50-річчю  
заснування навчально-наукового  
інституту будівництва та архітектури*

Рівне – 2014

Зареєстрований Міністерством юстиції України (свідоцтво КВ 16399-4871-ПР від 02.02.2010).

Затверджений Президією ВАК України як фахове видання (Бюлетень ВАК України, № 6, 2010 р.)

Матеріали збірника схвалені на засіданні Вченої ради університету і рекомендовані до видання (протокол № 8 від 26 вересня 2014 р.).

Наведені нові результати фундаментальних та прикладних досліджень в області будівельних матеріалів та технологій їхнього виготовлення, теорії опору елементів будівельних конструкцій зовнішнім впливам, методи їхнього розрахунку. Висвітлені окремі питання розрахунків та підсилення будівельних конструкцій, будівель і споруд.

Призначений для наукових працівників, спеціалістів проектних організацій і виробничих підприємств будівельної галузі, докторантів, аспірантів та студентів навчальних закладів будівельного напрямку.

#### Редакційна колегія

**Бабич Є.М.**, д.т.н., професор - відповідальний редактор (Національний університет водного господарства та природокористування); **Борисюк О.П.**, к.т.н., доцент, відповідальний секретар (Національний університет водного господарства та природокористування); **Азізов Т.Н.**, д.т.н., професор (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини); **Барашиков А.Я.**, д.т.н., професор (Київський національний університет будівництва і архітектури); **Бліхарський З.Я.**, д.т.н., професор (Національний університет "Львівська політехніка"); **Бамбура А.М.**, д.т.н., ст.н.сп. (Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівництва та архітектури"); **Гнідець Б.Г.**, д.т.н., професор (Національний університет "Львівська політехніка"); **Дудар І.Н.**, д.т.н., професор (Вінницький національний технічний університет); **Семенюк С.Д.**, д.т.н., професор (Білорусько-Російський університет, м. Могильов, Республіка Білорусь); **Найчук А.Я.**, д.т.н., філіал (РУП "Інститут БелНИИС", м. Брест, Республіка Білорусь); **Гончаренко Д.Ф.**, д.т.н., професор (Харківський державний технічний університет будівництва і архітектури); **Дворкін Л.Й.**, д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування); **Дорофєєв В.С.**, д.т.н., професор (Одеська державна академія будівництва і архітектури); **Масюк Г.Х.**, к.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування); **Павліков А.М.**, д.т.н., професор (Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка); **Пічугін С.Ф.**, д.т.н., професор (Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка); **Трач В.М.**, д.т.н., професор (Луцький національний технічний університет).

Технічний секретар – Прохонюк Л.С.

Адреса редколегії: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП

ISSN 2218-1873

ISBN 966-7447-21-9

© Національний університет водного господарства та природокористування, 2014

Зареєстрований Міністерством юстиції України (свідоцтво КВ 16399-4871 ПР від 02.02.2010).

Затверджений Президією ВАК України як фахове видання (Бюлетень ВАК України, № 6, 2010 р.)

Матеріали збірника схвалені на засіданні Вченої ради університету і рекомендовані до видання (протокол № 8 від 26 вересня 2014 р.).

Наведені нові результати фундаментальних та прикладних досліджень в області будівельних матеріалів та технологій їхнього виготовлення, теорії опору елементів будівельних конструкцій зовнішнім впливам, методи їхнього розрахунку. Висвітлені окремі питання розрахунків та підсилення будівельних конструкцій, будівель і споруд.

Призначений для наукових працівників, спеціалістів проектних організацій і виробничих підприємств будівельної галузі, докторантів, аспірантів та студентів навчальних закладів будівельного напрямку.

#### Редакційна колегія

**Бабич Є.М.**, д.т.н., професор - відповідальний редактор (Національний університет водного господарства та природокористування); **Борисюк О.П.**, к.т.н., доцент, відповідальний секретар (Національний університет водного господарства та природокористування); **Азізов Т.Н.**, д.т.н., професор (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини); **Барашиков А.Я.**, д.т.н., професор (Київський національний університет будівництва і архітектури); **Бліхарський З.Я.**, д.т.н., професор (Національний університет "Львівська політехніка"); **Бамбура А.М.**, д.т.н., ст.н.сп. (Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівництва та архітектури"); **Гнідець Б.Г.**, д.т.н., професор (Національний університет "Львівська політехніка"); **Дудар І.Н.**, д.т.н., професор (Вінницький національний технічний університет); **Семенюк С.Д.**, д.т.н., професор (Білорусько-Російський університет, м. Могильов, Республіка Білорусь); **Найчук А.Я.**, д.т.н., філіал (РУП "Інститут БелНИИС", м. Брест, Республіка Білорусь); **Гончаренко Д.Ф.**, д.т.н., професор (Харківський державний технічний університет будівництва і архітектури); **Дворкін Л.Й.**, д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування); **Дорофеев В.С.**, д.т.н., професор (Одеська державна академія будівництва і архітектури); **Масюк Г.Х.**, к.т.н., професор, (Національний університет водного господарства та природокористування); **Павліков А.М.**, д.т.н., професор (Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка); **Пічугін С.Ф.**, д.т.н., професор (Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка); **Трач В.М.**, д.т.н., професор (Луцький національний технічний університет).

Технічний секретар – Прохонюк Л.С.

Адреса редколегії: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП

ISSN 2218-1873

ISBN 966-7447-21-9

© Національний університет водного господарства та природокористування, 2014

Наукове видання

РЕСУРСОЕКОНОМНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ,  
БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

Збірник наукових праць

Випуск 29

Редактор Є. М. Бабич

Представлення в  
системах реферування:

видання відображається в  
реферативній базі даних  
«Україніка наукова»

Підписано до друку 26.09. 2014 р.  
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman Суг.  
Друк трафаретний. Умовн. друк. арк. 41,5.  
Тираж 130 пр. Зам. № 19

Віддруковано ПП Барішева Н.К. Свідоцтво: серія В00 №735183  
від 10.02.2004 р.

м. Рівне, вул. Кн. Острозького, 4/6, кв.65. Тел.: (0362)43-05-17

З М І С Т  
2014

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ МАТЕРІАЛИ ТА НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ

|  |   |    |
|--|---|----|
| Бордоженко О.М.,<br>Дворкін Л.Й.,<br>Борейчук С.О.     | Властивості неавтоклавногo пінобетону з<br>використанням композиційного в'язучого.....                                  | 7  |
| Васильев А. А.   | Регрессионная модель карбонизации бетона<br>для неагрессивной эксплуатационной среды....                                | 15 |
| Дворкін Л.Й.,<br>Дворкін О.Л.                          | Фізико-хімічний вплив мінеральних наповню-<br>вачів на структуроутворення композиційних<br>будівельних матеріалів (КБМ) | 23 |
| Коробко О.А.,<br>Тофанило В.Ю.,<br>Выровой В.Н.        | Роль эндо- и экзoдеформаций в организации<br>структуры бетона.....  | 30 |
| Кочкаръов Г. В.,<br>Гарніцький Ю. В.,<br>Дворкін Л. Й. | Проектування складу полістиролбетону .....  | 37 |
| Михайловський Д.В.,<br>Чубарев А.                      | Клесний шпон (ультралам) - перспективний<br>будівельний матеріал.....   | 44 |
| Степасюк Ю.О.,<br>Дворкін Л. Й.,<br>Лашівський В. В.   | Модифіковані сухі будівельні суміші для му-<br>рувальних розчинів на малоклінкерному шла-<br>копортландцементі.....     | 52 |
| Цапко Ю.В.,<br>Гузій С.Г.,<br>Кравченко А.В.           | Дослідження вогнестійких властивостей вог-<br>незахисного покриття на основі геоцементу<br>для деревини.....            | 57 |

## ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЗАПРОВАДЖЕННЯ РЕСУРСОЕКОНОМНИХ КОНСТРУКЦІЙ, БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

|  |  |     |
|--|--|-----|
| Бабич Є.М.,<br>Філіпчук С.В.,<br>Налепа О.І. | Деформативність моделі рамно-фермової кон-<br>струкції накриття трибун стадіонів.....  | 64  |
| Бурчєня С.П.,<br>Фамуляк Ю.Є.                | Експериментально-теоретичні дослідження не-<br>сучої здатності та деформативності стале-<br>бетонних балок, армованих сталевим просіч-<br>но-витяжним листом .....     | 70  |
| Бова Я.О.                                    | Аналіз роботи арматури у двовісно напру-<br>жених плитах зі змішаним армуванням.....   | 78  |
| Гарькава О.В.                                | Розрахунок міцності середньої плити пере-<br>криття безкапітально-безбалкової конст-<br>руктивної системи будівель.....  | 86  |
| Гладишев Д.Г.                                | Місцева дія навантаження на бетонні елементи.  | 94  |
| Гомон П.С.                                   | Методика побудова діаграми деформування<br>« $\sigma - \varepsilon$ » на стиск для деревини на основі ек-<br>спериментальних досліджень згинальних еле-<br>ментів..... | 102 |
| Гомон С.С.                                   | Передумови до запобігання прогресуючому<br>руйнуванню конструкцій з деревини при дії<br>різних видів навантажень .....   | 108 |
| Гомон С.С.,<br>Павлюк А.П.,<br>Гомон Л.П.    | Дослідження роботи клейових швів конст-<br>рукцій з деревини за дії повторних наван-<br>тажень.....  | 117 |
| Гомон С.С.,<br>Сасовський Т.А.               | Робота згинальних елементів із клеєної дере-<br>вини за дії малоциклових навантажень.....  | 123 |
| Гудзь С.А.,<br>Сіробаба В.О.                 | Особливості розрахунку сталезалізобетонних<br>колон на позакентровий стиск.....  | 129 |

|  |   |     |
|--|---|-----|
| Добрянський І.М.,<br>Фамуляк Ю.С.,<br>Грицевич А.Ю.              | Вплив знакозмінної температури на несучу<br>здатність сталобетонних балок.....  | 137 |
| Довженко О.О.,<br>Погрібний В.В.,<br>Карабаш Л.В.,<br>Чурса Ю.В. | Результати експериментальних досліджень<br>залізобетонних елементів із змінною кількістю<br>шпонок.....                             | 143 |
| Исмаель А.М.   | К вопросу расчета прочности поврежденных<br>железобетонных тавровых балок.....  | 151 |
| Карпюк В.М.  | Деякі приклади моделювання складного напружено-деформованого стану прогінних залізобетонних елементів.....                          | 157 |
| Клименко Е.В.,<br>Бараев А.В.                                    | Расчет несущей способности механически поврежденных железобетонных колонн двутаврового сечения.....                                 | 167 |
| Клименко Е. В.,<br>Крутько Т. А.                                 | Напряженно-деформируемое состояние и расчет поврежденных колонн.....  | 173 |
| Клименко Е.В.,<br>Сольдо Б.,<br>Орешкович М.                     | Компьютерный структурный анализ поврежденных железобетонных колонн круглого сечения с использованием метода конечных элементов..... | 180 |
| Ковальчук В. В.  | Дослідження температурного поля та напруженого стану металевих гофрованих труб.....   | 186 |
| Корнійчук О.І.   | Врахування впливів другого порядку при розрахунку стиснутих залізобетонних елементів.....   | 193 |
| Кочкаръов Д.В.   | Розрахунок похилих перерізів методом розрахункових опорів залізобетону.....   | 200 |
| Крантовская Е. Н.  | Механизм трещинообразования, деформирования и разрушения неразрезных железобетонных балок.....                                      | 208 |



|  |  |     |
|--|--|-----|
| Кривицкий П.В.   | К вопросу истории развития методов расчета прочности по наклонным сечениям на основе модели ферменной (стержневой) аналогии.....   | 221 |
| Крусъ Ю.О.   | Математичні моделі діаграм циклічного деформування бетону та їхня графічна інтерпретація.....  | 229 |
| Лучко Й.Й.,<br>Парнета Б.З.  | Адгезія захисних покриттів та методи її дослідження.....   | 236 |
| Масюк Г.Х.,<br>Алексієвець І.І.,<br>Дзюра А.І.   | Робота залізобетонних конструкцій в зоні спільної дії згинальних моментів і поперечних сил при різних прольотах «зрізу» за дії циклових повторних навантажень і побудова розрахункової моделі..... | 246 |
| Масюк Г.Х.,<br>Григорчук А.Б.  | Чисельне моделювання роботи похилих перерізів згинальних залізобетонних елементів в умовах малоциклового знакозмінного навантаження.....   | 253 |
| Мельник І.В.,<br>Сорохтей В.М.,<br>Приставський Т.В.,<br>Бачкай О.С.,<br>Грушка Р.І.,<br>Барщик П.С. | Порівняльні експериментальні дослідження фрагментів монолітного перекриття з грубо-частими вставками і суцільного перекриття...  | 259 |
| Митрофанов В.П.,<br>Пинчук Н.М.,<br>Митрофанов П.Б.,<br>Ивашенко С.П.,<br>Безнигаев Н.А.             | Экспериментальное определение критического коэффициента интенсивности напряжений бетонов средней и повышенной прочности....  | 266 |
| Михайловський Д.В.,<br>Бабич Т.С.  | Деякі особливості розрахунку арок з клеєної деревини.....  | 273 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| Москалькова Ю.Г.  | Пределы микротрещинообразования для бетонов разных видов.....   | 281 |
| Москалькова Ю.Г.  | Перспективы применения сталефибробетона при действии малоцикловых нагрузок.....   | 286 |
| Найчук А.Я.,<br>Лещук Е.В.  | Напряженное состояние древесины в зоне обрыва анкеровки винтов, работающих на растяжение поперек волокон.....               | 292 |
| Павликов А. М.,<br>Федоров Д. Ф.,<br>Балясний Д. К.               | Розрахунок за міцністю стиснутих залізобетонних елементів з використанням деформаційної моделі.....                         | 299 |
| Петров М.М.   | Напружено-деформований стан залізобетонних елементів при позацентровому стиску і розтязі.....                               | 305 |
| Поляновська О. Є.   | Дослідження несучої здатності згинальних залізобетонних елементів з частково обірваною в прольотах робочою арматурою.....   | 315 |
| Романюк В. В.,<br>Василенко В. Б.                                 | Напружений стан перфорованих елементів, що працюють в умовах косоного згину.....  | 322 |
| Ромашко В.М.  | Визначальні особливості деформування бетону в залізобетонних елементах та конструкціях.....                                 | 334 |
| Семко В.О.,<br>Прохоренко Д.А.                                    | До розрахунку згинаних холодноформованих сталевих елементів.....  | 341 |
| Стороженко Л.І.,<br>Муравльов В.В.,<br>Мурза С.О.,<br>Школяр Ф.С. | Аналіз експериментального дослідження залізобетонних балок з винесеним робочим армуванням на згин.....                      | 348 |
| Стороженко Л.І.,<br>Пархоменко І.О.,<br>Семко П.О.                | Експериментальні дослідження впливу вертикальних сталевих елементів на роботу трубобетонних конструкцій з ослабленнями..... | 356 |

Стоянов В. В.,  
Бояджи А. А.

Некоторые аспекты оптимального проектирования комбинированной арочной конструкции при наличии дополнительных конструктивных условий..... 362

Тугай Т. В.

Основні результати експериментальних досліджень жорсткості плоско напружених залізобетонних складених конструкцій..... 369

Фурсов В. В.,  
Бидаков А. Н.,  
Пурыдзянхах М.,  
Васильев А. Ю.

Влияние анизотропных свойств древесины на ее прочностные характеристики..... 376

Фурсов В. В.,  
Бидаков А. Н.

Коэффициент преобразования  $k_{mod}$  и модели длительного сопротивления деревянных конструкций..... 382

Чаток О. С.,  
Гришкова А. В.

Порівняльний аналіз зчеплення сталеві арматури серповидного профілю з важким бетоном за призмовим та балковим методами випробувань..... 391

Шкурупій О. А.,  
Митрофанов П. Б.

Програмний комплекс для розрахунку залізобетонних конструкцій на основі методики з екстремальним критерієм міцності..... 400

## БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

Дорофеев В. С.,  
Мурашко А. В.

Критерии комплексной оценки сейсмостойкости зданий..... 408

Запоточний Р. М.

Деформативність дослідної конструкції нерозрізної двобалкової збірно-монолітної залізобетонної прогонової будови моста для складних умов будівництва при змінні її статичної схеми..... 415

|   |   |     |
|---|---|-----|
| Кваша В.Г.,<br>Салійчук Л.В.                                    | Експлуатаційний стан та забезпечення умов нормальної експлуатації земляної греблі водосховища зони заміського масового відпочинку.....                          | 420 |
| Кичаєва О.В.  | Оценка уровня надежности при надстройке зданий.....   | 430 |
| Карюк А.М.,<br>Ільченко В.В.                                    | Порівняння табличного й картографічного способів територіального районування розрахункових параметрів температури повітря.....                                  | 438 |
| Орлов В.О.,<br>Мартинов С.Ю.,<br>Корнійчук К.С.,<br>Яцунов С.О. | Впровадження котеджних установок для знезалізнення води.....  | 445 |
| Павліков А.М.,<br>Бабич Є.М.,<br>Микитенко С.М.                 | Безкапітально-безбалкові конструктивні системи для будівель доступного житла: конструктивні особливості, умовності розрахунків, пропозиції з удосконалення..... | 451 |
| Пашинський В.А.,<br>Настоящий В.А.,<br>Плотніков О.А.           | Підвищення енергоефективності існуючих житлових будівель шляхом додаткового фасадного утеплення.....  | 461 |
| Пашинський В.А.,<br>Сідей В.М.                                  | Довговічність цегляних стін в кліматичних умовах України.....   | 468 |
| Пічугін С.Ф.,<br>Дрімко Я.О.                                    | Застосування сучасних мостових кранів – шлях до ресурсоекономічності каркасів виробничих будівель.....  | 475 |
| Полтавець М.О.  | Оптимізаційна система показників оцінки технологічних властивостей проектних рішень просторових систем покриттів.....   | 483 |
| Семко В.О.,<br>Лещенко М.В.,<br>Криворотько І.С.                | Дослідження теплових показників огорожувальних конструкцій зі сталевих тонкостінних профілів багатоповерхових цивільних будівель..                              | 491 |

|  |  |     |
|--|--|-----|
| Сіянов О.І.                                      | Особливості моделювання дії рухомого снігового навантаження на покрівлю циліндричних сітчастих покриттів.....                            | 499 |
| Ужегов С.О.,<br>Пасічник Р.В.,<br>Андрійчук О.В. | Визначення оптимальних розмірів конструктивних елементів сталевібробетонної конструкції покриття у формі гіперболічного параболоїда..... | 506 |
| Шмігель Р.В.                                     | Дослідження факторів скорочення строку експлуатації залізобетонних циліндричних резервуарів.....   | 512 |

### ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ

|  |  |     |
|--|--|-----|
| Біда С.В.,<br>Великодний Ю.Й.,<br>Пашенко О.Ю.,<br>Ягольник А.М. | Стендові дослідження суфозійних явищ у зв'язних ґрунтах.....   | 518 |
| Винников Ю.Л.,<br>Коваленко В.І.,<br>Литвиненко Т.В.             | Моделювання міграції води в ущільненому глинистому насипу.....   | 525 |
| Кичаева О.В.,<br>Раджабзадег Могсен                              | Некоторые методологические аспекты построения спектров реакции грунта (в условиях Ирана).....                                      | 532 |
| Семенюк С.Д.   | Напряженно-деформированное состояние перекрестных балок сборно-монолитных фундаментов на неравномерно деформируемом основании..... | 540 |
| Семенюк С.Д.   | К расчету на кручение элементов фундаментов таврового сечения.....   | 546 |
| Сернов В.А.  | Натурные исследования фрагментов свайно-плитных фундаментов из конических свай.....  | 555 |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Тронда Т.В. | Натурные исследования упрочнения грунтов армирующими элементами из сухой бетонной смеси..... | 561 |
|-------------|--|-----|

### ТЕХНІЧНИЙ СТАН, РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ, БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

|  |  |     |
|--|--|-----|
| Білокуров П.С.   | Теоретико-експериментальні дослідження деформативності сталезалізобетонних балок, що посилені зовнішнім сталевим армуванням.....                     | 567 |
| Бліхарський Я.З.,<br>Хміль Р.Є.,<br>Собко Ю.М.                     | Використання вуглецевої стрічки при підсиленні позацентрово-стиснутих колон.....   | 575 |
| Борисюк О.П.,<br>Григорчук А.Б.,<br>Караван В.В.,<br>Філіпчук С.В. | Обстеження та підсилення залізобетонних опор обертових печей пат «Волинь-цемент».....  | 582 |
| Караван В.В.,<br>Борисюк О.П.,<br>Іванюк А.М.                      | Обстеження після аварії будівлі поліклініки црл по вул. Б.Хмельницького, 47 у м. Ізяслав....   | 599 |
| Країнський П.І.,<br>Хміль Р.Є.,<br>Бліхарський З.Я.                | Дослідження експериментальної міцності залізобетонних позацентрово-стиснутих колон підсиленних залізобетонною обіймою.....                           | 607 |
| Пелешко І.Д.,<br>Бліхарський З.Я.,<br>Балук І.М.                   | Урахування зміни жорсткості елементів під час визначення зусиль у процесі оптимального проектування підсилення стрижневих металевих конструкцій..... | 614 |
| Пиндус Ю.І.,<br>Конончук О.П.                                      | Скінченноелементне моделювання підсилення згинальних залізобетонних конструкцій вуглепластиковою стрічкою.....                                       | 621 |
| Попруга Д.В.,<br>Валовой О.І.                                      | Дослідження міцності контактних швів підсиленних залізобетонних конструкцій.....   | 630 |

Стечишин С.М.

Реалізація способу розширення та підсилення прольотних будов мостів залізобетонною ребристою накладною плитою..... 638

Чеканович М.Г.,  
Чеканович О.М.,  
Журахівський В.П.

Нова ефективна важільно-стрижнева система підсилення для залізобетонних ребристих плит 648

### МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

Золотов М.С.,  
Супрун О.Ю.,  
Дауд А.Х.

Механизация анкероустановочных работ в строительстве..... 654

УДК 624.016

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
КОМБИНИРОВАННОЙ АРОЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ  
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ  
УСЛОВИЙ

SOME ASPECTS OF OPTIMAL PROJECTING OF COMBINED ARCH  
STRUCTURE IF IT HAS ADDITIONAL CONSTRUCTIVE CONDITIONS

Стоянов В.В. д.т.н., проф., Бояджи А.А. асп. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Stoyanov V.V. , doctor of technical sciences, professor, Boyadzhi A.A. graduate student. (Odessa state academy of construction and architecture, Odessa)

В статье приводится методика оптимального проектирования комбинированной арочной пролетной конструкции при условии изначального задания прочных размеров одного из ее главных элементов – балки. Эта методика существенно опирается на применении узлов предварительной слабину.

The article provides the method of optimal design of combined metal and wooden arched span structures provided section size of one of its main elements – beam. This technique relies heavily on the use of pre-slack nodes.

При проектировании комбинированных арочных пролетных конструкций возможны случаи, когда прочные размеры одного из главных элементов этих конструкций задаются изначально (исходя из архитектурных, конструктивных, технологических и др. соображений). В таких случаях задача оптимального проектирования конструкции сводится к оптимальному подбору прочных размеров остальных элементов конструкции. В данной работе рассматривается вариант, когда заданными являются прочные размеры балки, непосредственно воспринимающей эксплуатационную нагрузку. Надлежит определить оптимальные размеры сечения арки, а также подвесок, которые обеспечивают расчетную несущую способность конструкции. Существенным является то обстоятельство, что вклад балки в общую несущую способность конструкции ограничивается не прочностью балки, а ее прогибом.

Уменьшить прогиб балки можно при помощи арки и подвесок. Проблеме оптимального проектирования этих элементов конструкции позволяют решить специальные узлы (рис. 3), обеспечивающие предварительную слабину подвесок. Величина этой слабину (в каждой подвеске) рассчитывается из условия, что при любом перемещении нижнего конца подвесок на арку



передаются усилия, не вызывающие в ней напряжений, больших допустимых. Вторая часть задачи (прогиб балки не должен превышать допустимый) решается путем соответствующего подбора сечения арки.

Величины предварительных слабин определяются следующим образом:

1. Рассматривается прочность арки принятого сечения под действием сосредоточенных усилий в местах крепления подвесок – определяется наибольшее значение этих усилий исходя из условия прочности арки (отношение усилий в боковых и средней подвесках при расчетах варьируется  $k = \frac{P_{cp}}{P_{кр}}$ );

здесь же определяются перемещения точек крепления подвесок и величина распора – они будут использоваться в дальнейших расчетах;

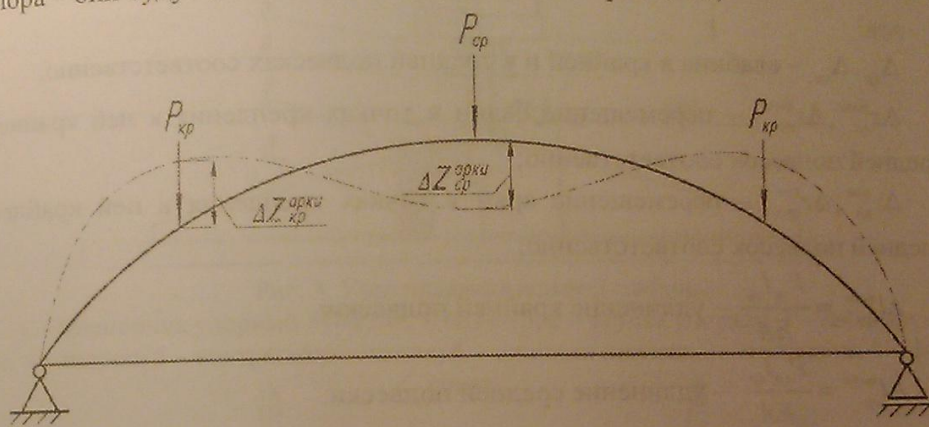


Рис. 1. Расчетная схема к определению  $P_{кр}$  и  $P_{ср}$  и перемещению арки в точках крепления подвесок

2. Рассматривается балка, нагруженная расчетной нагрузкой и реакциями подвесок, которые были определены выше. Определяется прогиб балки. Если прогиб отличается от допустимого, то следует изменить сечение арки (увеличить в случае, если прогиб больше допустимого или уменьшить в обратном случае).

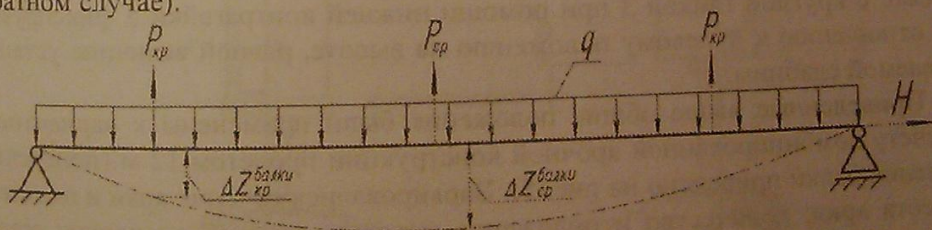


Рис. 2. Расчетная схема к определению перемещения точек крепления подвесок к балке

3. Определяются перемещения точек крепления подвесок к балке;

4. По  $P_{кр}$  и  $P_{ср}$  определяются сечения крайних и средней подвесок;  
 5. Для подвесок составляются уравнения совместности деформаций с учетом перемещений точек крепления подвесок к арке и балке и слабины – из этих уравнений и определяется необходимая слабина:

$$\Delta_{кр} = \Delta z_{кр}^{балк} - \Delta z_{кр}^{арк} - \Delta l_{кр}^{подв} = \Delta z_{кр}^{балк} - \Delta z_{кр}^{арк} - \frac{P_{кр} l_{кр}}{EA}; \quad (1)$$

$$\Delta_{ср} = \Delta z_{ср}^{балк} - \Delta z_{ср}^{арк} - \Delta l_{ср}^{подв} = \Delta z_{ср}^{балк} - \Delta z_{ср}^{арк} - \frac{P_{ср} l_{ср}}{EA}, \quad (2)$$

где:

$\Delta_{кр}, \Delta_{ср}$  – слабина в крайней и в средней подвесках соответственно;

$\Delta z_{кр}^{балк}, \Delta z_{ср}^{балк}$  – перемещение балки в точках крепления к ней крайней и средней подвесок соответственно;

$\Delta z_{кр}^{арк}, \Delta z_{ср}^{арк}$  – перемещение арки в точках крепления к ней крайней и средней подвесок соответственно;

$\Delta l_{кр}^{подв} = \frac{P_{кр} l_{кр}}{EA}$  – удлинение крайней подвески;

$\Delta l_{ср}^{подв} = \frac{P_{ср} l_{ср}}{EA}$  – удлинение средней подвески.

Конструкция узла, обеспечивающего регулирующую предварительную слабину подвески, приведена на рис. 3.

Установка вычисленных по формулам (1) и (2) предварительных слабин осуществляется в следующей последовательности (рис. 4): контрагайка 5 и патрон 4 сворачиваются вниз; патрон 4 вворачивается в круглую гайку 3 до упора – это положение патрона 4 принимается в качестве нулевого; патрон 4 вместе с круглой гайкой 3 при помощи нижней контрагайки 5 фиксируется по отношению к нулевому положению на высоте, равной величине устанавливаемой слабину.

Приведенные выше общие положения были применены к вариантному расчету комбинированной арочной конструкции пролетом 12 м (поперечное сечение балки приведено на рис. 5). Варьировались сечения арки и подвесок, высота арки, количество и положение подвесок, способ крепления арки к балке.

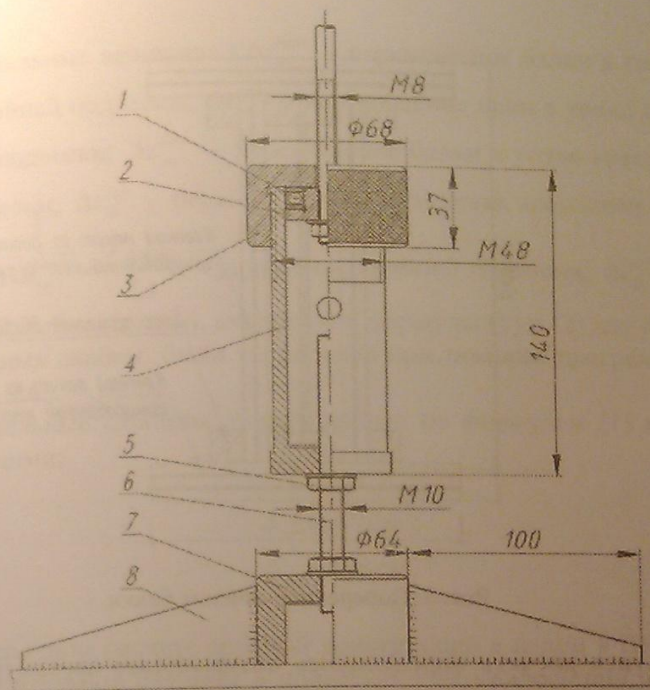


Рис. 3. Узел предварительной слабины

1 - подшпильник упорный 8104 ГОСТ 6874-75; 2 - втулка упорная; 3 - гайка круглая; 4 - патрон; 5 - контргайка нижняя; 6 - шпилька нижняя; 7 - основание; 8 - фланец.

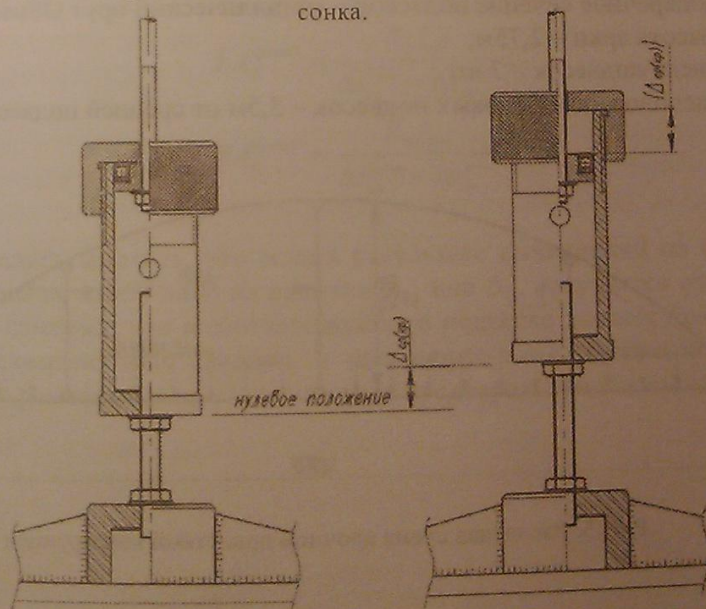


Рис. 4. Установка предварительной слабины

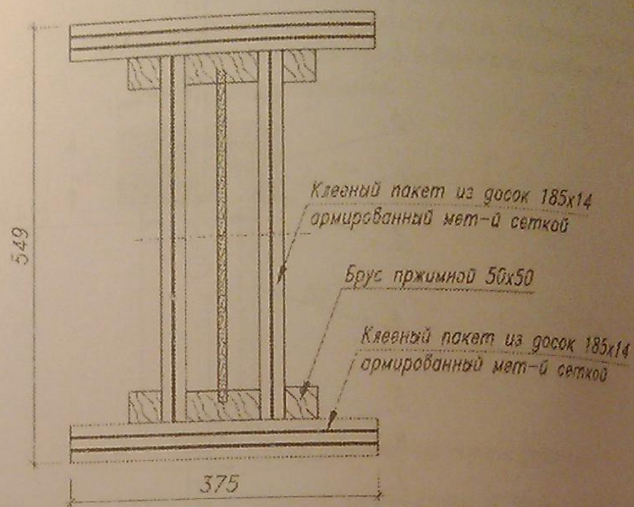


Рис. 5. Поперечное сечение балки

В результате расчета определились оптимальные параметры конструкции:

- 1) поперечное сечение арки – 2 прямоугольные трубы сечением 45x30x3;
- 2) поперечное сечение подвесок – металлический прут  $\varnothing 8$ мм;
- 3) высота арки – 2,75м;
- 4) число подвесок – 3 шт.;
- 5) расположение боковых подвесок – 3,5м от средней подвески;

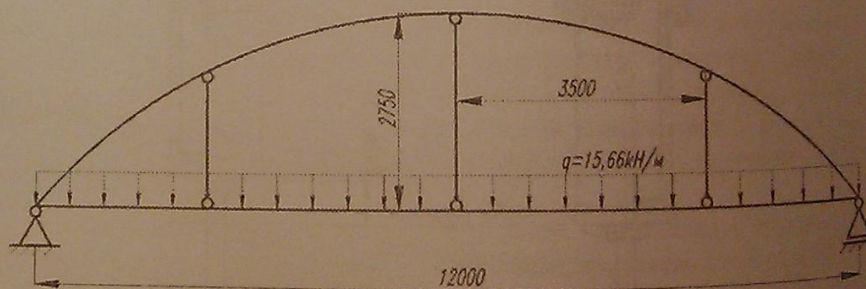


Рис. 5. Расчетная схема арочной пролетной конструкции

Вспомогательные величины ( $\Delta z_{кр}^{балк}$  – перемещение балки в точке крепления к ней крайней подвески;  $\Delta z_{кр}^{арк}$  – перемещение арки в точке крепления к ней крайней подвески;  $\Delta z_{ср}^{балк}$  – перемещение балки в точке крепления к ней средней подвески;  $\Delta z_{ср}^{арк}$  – перемещение арки в точке крепления к ней средней подвески;  $\Delta l_{кр}^{подв} = \frac{P_{кр} l_{кр}}{EA}$  – удлинение крайней подвески;  $\Delta l_{ср}^{подв} = \frac{P_{ср} l_{ср}}{EA}$  – удлинение средней подвески), входящие в формулы (1) и (2) для определения предварительных слабин, были вычислены при помощи программного комплекса ЛИРА 9.6.

Предварительные слабину, определенные по формулам (1) и (2), оказались следующими:

$$\Delta_{кр} = 1,9 \text{ см};$$

$$\Delta_{ср} = 0,8 \text{ см}.$$

При проверочном расчете арочной конструкции в целом в ПК ЛИРА введение предварительной слабину в подвесках учитывалось при помощи приведенной жесткости  $EA_{привед}$ , которая определяется из формул (1) и (2), в которых  $\Delta_{ср}$  и  $\Delta_{кр}$  принимаются равными нулю:

$$EA_{ср}^{привед} = \frac{P_{ср} l_{ср}}{\Delta z_{ср}^{балк} - \Delta z_{ср}^{арк}}; \quad (3)$$

$$EA_{кр}^{привед} = \frac{P_{кр} l_{кр}}{\Delta z_{кр}^{балк} - \Delta z_{кр}^{арк}}. \quad (4)$$

Здесь следует заметить, что если в результате вычислений по формулам (1) и (2) значение какой-либо из величин  $\Delta_{кр}$  или  $\Delta_{ср}$  получается отрицательным, то это означает, что в соответствующей подвеске должна быть обеспечена не предварительная слабину, а предварительное натяжение, которое также можно реализовать при помощи узла предварительной слабину.



Рис.6. Установка узла предварительной слабины на конструкции

**Выводы:**

- в тех случаях, когда несущая способность балки определяется в первую очередь жесткостью, увеличить ее можно путем введения в конструкцию арки и подвесок. При этом естественным является стремление использовать арку минимального поперечного сечения. Однако при небольшом сечении арки может оказаться, что несущую способность конструкции ограничивают уже не прогиб балки, а напряжения в самой арке. В статье предлагается в таких случаях использовать специальные узлы (конструкция узлов приводится), обеспечивающие такую предварительную слабину подвесок, при которой допустимый прогиб балки и допустимые напряжения в арке возникают одновременно в процессе нагружения конструкции при достижении этой нагрузкой расчетного значения;

- по приведенной в статье методике были рассчитаны величины предварительных слабых и оптимально подобраны сечения арки и подвесок в конструкции, для которой поперечное сечение балки (затяжки) и величина расчетной нагрузки были заданы изначально.

1. Стоянов В.В. и др. Архитектурные конструкции транспортных развязок на перегруженных городских магистралях / Сб. науч. тр. Современные строительные конструкции из металла и древесины. - Одесса. №15 ч.1, стр. 72-80, ВРС, 2011  
 2. Окунь И.В. Эффективные клеодощатые несущие конструкции надземных пешеходных переходов / И.В. Окунь, С.М. Чучмай, В.П. Приступлюк // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, вип. № 46, Одеса: Зовнішньорекламсервіс, 2012. - С. 263 - 267  
 3. Серов, Е. Н. Клеенные деревянные конструкции: состояние и проблемы развития / Е. Н. Серов, Б. В. Лабудин // Известия вузов. Лесной журнал. - 2013. - № 2. - С. 137-146.

УДК 624.012:  
 ОСНОВНИ  
 ЖОРСТКОС  
 ДЕННИ КО  
 MAIN RESU  
 RIGIDITY C  
 THE CONST  
 Тугай Т. В.  
 Tugay T.V.  
 У статті  
 плоско не  
 вивчення  
 шин на р  
 тринадця  
 та інших  
 реткості

The artic  
 crete cor  
 normal  
 forceme  
 discont  
 construc

Ключові  
 Залізобетонні, експлуатаційні, тринадцять, Reinforcement, stacks

Структурні напружені задачі М