

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІСНИК
АГРАРНОЇ НАУКИ ПРИЧОРНОМОР'Я
Науковий журнал

*Виходить 4 рази на рік
Видається з березня 1997 р.*

Випуск 2 (94) 2017

Економічні науки
Сільськогосподарські науки
Технічні науки

Миколаїв
2017

Засновник і видавець: Миколаївський національний аграрний університет.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №19669-9469ПР від 11.01.2013 р.

Збірник включено до переліку наукових фахових видань України, затвердженого наказами Міністерства освіти і науки України від 13.07.2015 р. №747 та від 16.05.2016 р. №515.

Головний редактор: В.С. Шибанін, д.т.н., проф., академік НААН

Заступники головного редактора:

І.І. Червен, д.е.н, проф.

І.П. Атаманюк, д.т.н., проф.

В.П. Клочан, к.е.н., доц.

М.І. Гиль, д.с.-г.н., проф.

В.В. Гамаюнова, д.с.-г.н., проф.

Відповідальний секретар: Н.В. Потриваєва, д.е.н., проф.

Члени редакційної колегії:

Економічні науки: О.В. Шибаніна, д.е.н., проф.; Н.М. Сіренко, д.е.н., проф.; О.І. Котикова, д.е.н., проф.; Джулія Олбрайт, PhD, проф. (США); І.В. Гончаренко, д.е.н., проф.; О.М. Вишневіська, д.е.н., проф.; А.В. Ключник, д.е.н., проф.; О.Є. Новіков, д.е.н., доц.; О.Д. Гудзинський, д.е.н., проф.; О.Ю. Єрмаков, д.е.н., проф.; В.М. Яценко, д.е.н., проф.; М.П. Сахацький, д.е.н., проф.; Р. Шаундерер, Dr.sc.Agr. (Німеччина)

Технічні науки: Б.І. Бутаков, д.т.н., проф.; В.І. Гавриш, д.е.н., проф.; В.Д. Будаков, д.т.н., проф.; С.І. Пастушенко, д.т.н., проф.; А.А. Ставинський, д.т.н., проф.; А.С. Добишев, д.т.н., проф. (Республіка Білорусь).

Сільськогосподарські науки: В.С. Топіха, д.с.-г.н., проф.; Т.В. Підпала, д.с.-г.н., проф.; А.С. Патрєва, д.с.-г.н., проф.; В.П. Рибалко, д.с.-г.н., проф., академік НААН; І.Ю. Горбатенко, д.б.н., проф.; І.М. Рожков, д.б.н., проф.; І.П. Шейко, д.с.-г.н., професор, академік НАН Республіки Білорусь (Республіка Білорусь); С.Г. Чорний, д.с.-г.н., проф.; М.О. Самойленко, д.с.-г.н., проф.; Л.К. Антипова, д.с.-г.н., проф.; В.І. Січкарь, д.б.н., проф.; А.О. Лимар, д.с.-г.н., проф.; В.Я. Щербаков, д.с.-г.н., проф.; Г.П. Морару, д.с.-г.н. (Молдова)

Рекомендовано до друку вченою радою Миколаївського національного аграрного університету. Протокол № 11 від 29.05.2017 р.

Посилання на видання обов'язкові.

Точка зору редколегії не завжди збігається з позицією авторів.

Адреса редакції, видавця та виготовлювача:

54020, Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9,

Миколаївський національний аграрний університет,

тел. 0 (512) 58-05-95, <http://visnyk.mnau.edu.ua>, e-mail: visnyk@mnau.edu.ua

© Миколаївський національний аграрний університет, 2017

УДК 624.014

РОЗРАХУНОК ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ АРКИ ПРИ МІНІМАЛЬНІЙ МАСІ КОНСТРУКЦІЇ

В. С. Шебанін, доктор технічних наук, професор

В. Г. Богза, кандидат технічних наук, доцент

С. І. Богданов, старший викладач

І. І. Хилько, старший викладач

Миколаївський національний аграрний університет

У статті висвітлено основні підходи до методики розрахунків поперечних перерізів конструктивних елементів арки, що задовольняє умові надійності та відповідає при цьому мінімальній масі конструкції арки. Розрахунок виконується при проектуванні оптимальних аркових конструкцій, який полягає в проектуванні конструкції таким чином, щоб у всіх перетинах конструктивного елементу арки надійність була заданою, а маса при цьому була мінімально можливою.

Ключові слова: поперечний переріз арки, площа перерізу арки, довжина перерізу арки, конструктивний елемент арки, запас міцності, надійність і довговічність сталевих конструкцій, стійкість металевих каркасів, незалежна випадкова величина.

Постановка проблеми. Протягом тривалого часу аркові системи були єдиною конструктивною формою, що дозволяє перекривати великі прольоти. Таке ставлення до аркових конструкцій як до унікальних, масивних споруд затримало їх своєчасне та гідне представлення в системі конструктивних форм так званих легких металевих конструкцій (ЛМК). Конструктивна форма ЛМК найкращим чином відповідає умовам потокового виготовлення і швидкісного монтажу при істотному зниженні їх загальної маси.

Практика будівництва полегшених аркових будівель прольотом 15-30 м показала їх повну відповідність зазначеним критеріям оцінки ЛМК, а в ряді випадків виявляються і помітні переваги, зокрема при будівництві будівель підсобно-допоміжного і сільськогосподарського призначення. Однак

© Шебанін В.С., Богза В.Г., Богданов С.І. та ін., 2017

успішна практична реалізація аркових конструкцій в полегшених будівлях малого прольоту вимагає проведення комплексу пошукових, теоретичних і експериментальних досліджень, оскільки просте копіювання існуючих конструктивних форм масивних аркових покриттів не забезпечує їх ефективність.

Традиційний підхід до уніфікації, об'єктом уваги якого є параметри будівлі в цілому, призводить до завищення маси конструкції, створює надлишки площі і радикально не виключає різноманіття конструктивних варіантів, тому стосовно аркових конструкцій визначний інтерес становить реалізація принципу відкритої типізації, коли основним об'єктом уніфікації є елемент арки. Розроблені уніфіковані елементи арки, що включають стрижень з вузловими елементами на кінцях і забезпечують у загальному випадку їх з'єднання під довільними кутами, дозволяють зводити арки довільного прольоту й обрису. При цьому зниження маси при заданій надійності є частиною проектування оптимальних аркових конструкцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати випробувань арки з конструктивних елементів наведено в [2; 10]. У цій роботі розглянуто основні підходи до розрахункової оцінки міцності і стійкості елементів сталевого каркасу арки. Інтенсивний розвиток теорії оптимального проектування і накопичення досвіду щодо оптимізації елементів і найпростіших аркових систем сприяли перегляду і постановці завдань з виявлення раціональних форм арок, наблизивши їх до вимог реального проектування. Прикладом цього можуть бути роботи А. В. Шестакова, Ю. Я. Юдіна, К. Ф. Піскорського та ін. Автори вказують на необхідність врахування таких факторів, як імовірнісний характер роботи конструкції, матеріал арки, форма поперечного перерізу.

Мета статті. Вирішення проблеми зниження маси при заданій надійності є частиною проектування оптимальних аркових конструкцій і полягає в наступному:

- знаходження оптимального обрису конфігурації арки;
- визначення закону розподілу матеріалу вздовж осі арки;
- встановлення закону розподілу матеріалу в поперечному перерізі арки.

Виклад основного матеріалу. Знаходження закону розподілу матеріалу вздовж осі конструкції для статистично невизначених систем, якими є арки, ускладнюється тим, що згинальний момент залежить від розмірів поперечних перерізів конструктивного елемента арки. Для вирішення цієї задачі скористаємося методом найменшого об'єму. Запишемо вираз для об'єму системи.

$$V = \int_L F(x) dx. \quad (1)$$

Виразимо площу поперечного перерізу через згинальний момент так, щоб витримувалася умова надійності. Для цього запишемо вираз для напружень, що діють в перетинах конструктивного елемента арки,

$$S(x) = \frac{M_1(x)P + \sum_{j=1}^n M_j(x)X_j Z(x)}{r^2(x)F(x)}, \quad (2)$$

де $M_j(x)$ - згинальний момент в основній системі від $X_j=1$;

X_j - зайве невідоме; $Z(x)$ - відстань від нейтральної осі до периферії перерізу; $r(x)$ - радіус інерції перерізу; $F(x)$ - площа поперечного перерізу конструктивного елемента арки; n - кількість зайвих невідомих.

Представимо зайве невідоме у вигляді:

$$X_j = K_j P, \quad (3)$$

де K_j - невідомі коефіцієнти.

Якщо при розв'язанні задачі про визначення найменшої маси в детерміністичній постановці ми шукали значення X_j , а значить і $F(x)$ відповідне мінімуму об'єму системи арки, то в цьому випадку доведеться шукати значення, що дають мінімум об'єму системи.

Напруження, що діють в перетинах конструктивних елементів арок, можуть бути записані у вигляді:

$$S(x) = \frac{M_1(x) + \sum_{j=1}^n M_j(x)K_j Z(x)P}{r^2(x)F(x)}, \quad (4)$$

або, якщо позначити
$$\frac{M_1(x) + \sum_{j=1}^n M_j(x) K_j Z(x)}{r^2(x) F(x)} = K, \quad (5)$$

то
$$S(x) = KP. \quad (6)$$

Залежно від законів розподілу навантаження і несучої здатності арки для заданого рівня надійності можемо отримати значення K , коефіцієнта, що дає мінімум об'єму конструктивного елемента арки, і що забезпечує цю надійність.

Тоді з (4) для $F(x)$ маємо:

$$F(x) = \frac{M_1(x) + \sum_{j=1}^n M_j(x) K_j Z(x)}{r^2(x) K}. \quad (7)$$

Підставивши виражене таким чином рівняння об'єму аркової системи (1), отримаємо:

$$V = \sum_L \int \frac{j^* (M_1(x) + \sum_{j=1}^n M_j(x) K_j) Z(x) dx}{r^2(x) K}. \quad (8)$$

Межами інтегрування в кожному інтегралі, що входить до загальної суми, можуть бути координати точок опор, точок прикладання навантаження і нульових точок виразу:

$$(M_1(x) + \sum_{j=1}^n M_j(x) K_j). \quad (9)$$

Якщо за незалежні змінні прийняти коефіцієнти K_j , то об'єм буде представляти собою безперервну функцію від цих коефіцієнтів. Умовою мінімального об'єму конструктивного елемента є рівність нулеві частинних похідних від функції об'єму по незалежним змінним, а саме:

$$\frac{\partial V}{\partial K_j} = 0, j = 1, 2, \dots, n, \quad (10)$$

де n – кількість невідомих.

Звідси отримаємо систему n рівнянь для визначення n невідомих коефіцієнтів надійності K_1, K_2, \dots, K_n . Визначивши за

(10) значення цих коефіцієнтів і підставивши їх у (7), отримаємо шукані значення розмірів поперечних перерізів конструктивного елемента арки при найменшій масі матеріалу. Для ілюстрації запропонованої методики розглянемо приклад розрахунку арки що складається з конструктивних елементів і яка навантажена випадковою силою P з параметрами: $l=3м$, $L=30м$, $H=0,999$, де l – довжина конструктивного елемента арки, L – проліт арки, H – задана необхідна величина надійності арки. При цьому:

$$\frac{Z(x)}{r^2(x)} = const . \quad (11)$$

Розіб'ємо арку на дві ділянки: AC і CB . Тоді на ділянці AC :

$$(M_1(x) + \sum_{j=1}^n M_j(x)K_j) = K_2x - K_1 . \quad (12)$$

На ділянці CB :

$$(M_1(x) + \sum_{j=1}^n M_j(x)K_j) = K_2x - K_1 - x + l \quad (13)$$

Підставивши ці вирази послідовно в (7), отримаємо:
ділянка AC

$$F(x, K_1, K_2) = \frac{(K_2x - K_1)100}{K} ; \quad (14)$$

ділянка CB

$$F(x, K_1, K_2) = \frac{(K_2x - K_1 - x + l)100}{K} . \quad (15)$$

Підставивши отримані значення площ в рівняння об'єму арочної системи (1) і враховуючи (8), отримаємо:

$$\frac{KV}{100} = -\int_0^{x_1} (K_2x - K_1)dx + \int_{x_1}^l (K_2x - K_1)dx + \int_l^{x_2} (K_2x - K_1 - x + l)dx - \int_{x_2}^L (K_2x - K_1 - x + l)dx \quad (16)$$

У цьому рівнянні x_1 і x_2 – координати нульових точок. Вони визначаються з умови:

$$x_1 = \frac{K_1}{K_2}; \quad x_2 = \frac{l - K_1}{1 - K_2}; \quad (17)$$

В результаті інтегрування (16), після підстановки меж інтегрування (17), отримаємо:

$$\frac{KV}{100} = \frac{K_1^2}{K_2} + \frac{(l-K_1)^2}{1-K_2} + K_1 L - \frac{K_2 L^2}{2} - \frac{l^2}{2} - lL + \frac{L^2}{2}. \quad (18)$$

Потім, узявши частинні похідні від об'єму за коефіцієнтами K_1 і K_2 , отримаємо умови для їх визначення:

$$\frac{\partial V}{\partial K_1} = \frac{2K_1}{K_2} - \frac{2(l-K_1)}{1-K_2} + L = 0; \quad (19)$$

$$\frac{\partial V}{\partial K_2} = -\frac{K_1^2}{K_2^2} + \frac{(l-K_1)^2}{(1-K_2)^2} - \frac{L^2}{2} = 0. \quad (20)$$

Спільний розв'язок цих рівнянь дає $K_1 = 0,25$; $K_2 = 0,25$. При цьому слід звернути увагу на те, що значення K_1 і K_2 , отримано незалежно від виду законів розподілу навантаження і несучої здатності.

Таким чином, шукані значення $F(x)$ визначаються: ділянка AB

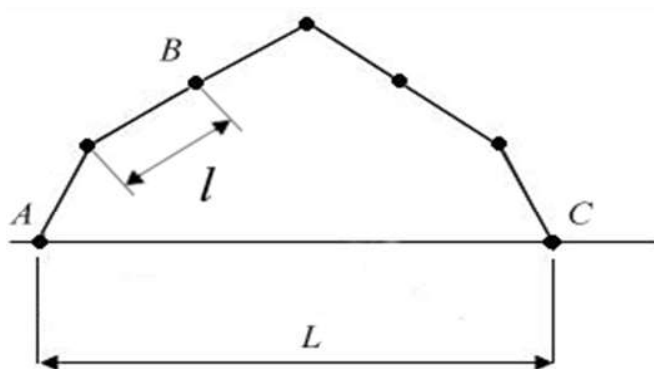


Рис. 1. Арка з конструктивних елементів

$$F(x) = \frac{25(x-1)}{K}; \quad (21)$$

ділянка BC

$$F(x) = \frac{225-75x}{K}. \quad (22)$$

Знайдемо абсциси нульових точок:

$$x_1 = \frac{K_1}{K_2} = 1i; x_2 = \frac{l-K_1}{1-K_2} = 3i. \quad (23)$$

Таким чином, нульові точки розташовані на відстані $1/4$ і $3/4$ прольоту арки.

Порівнюючи отримане рішення з результатами рішення тієї ж задачі в детерміністичній постановці, бачимо, що: на ділянці AB шукана площа перерізів складе:

$$F(x) = \frac{25(x-1)P}{\sigma_B}; \quad (24)$$

а на ділянці BC .

$$F(x) = \frac{(225-75x)P}{\sigma_B}. \quad (25)$$

Порівнюючи його з отриманим рішенням, переконуємося, що вони збігаються, якщо виконується умова:

$$K = \frac{\sigma_B}{P}. \quad (26)$$

Висновок. Таким чином, імовірнісна задача може бути зведена до детерміністичної, якщо в ній навантаження P замінити величиною $\frac{\sigma_B}{K}$. Задамося законами розподілу навантаження і несучої здатності арки.

Нехай закон розподілу навантаження — закон Вейбулла з параметрами

$$\beta = 3; \gamma = 0; \alpha_3 = 70^3 \hat{e}H^3$$

Закон розподілу несучої здатності арки – закон Вейбулла з параметрами $\beta = 3; \gamma = 0; \alpha_2 = 250^3 \hat{l} \hat{l} \hat{a}^3$. Тоді K маємо:

$$K = \sqrt[\beta]{\frac{\alpha_2(1-H)}{\alpha_3}} = \frac{250 \cdot 10^6}{70 \cdot 10^3} \cdot \sqrt[3]{\frac{1-0,999}{0,999}} = 365,46^2 \quad (27)$$

Шукані площі перетинів з найменшою масою при заданій надійності будуть:

На ділянці AB

$$F(x) = |0.068(x-1)|^2; \quad (28)$$

На ділянці BC

$$F(x) = |0,6 - 0,2x|^2. \quad (29)$$

В результаті рішення знаходимо значення K , при якому виконується умова:

$$H(x) = H_{зад} \quad (30)$$

де $H(x)$ - функція надійності;

$H_{зад}$ - задана надійність замовником.

Під мірою надійності будемо розуміти ймовірність того, що максимальна напруга, що виникає під дією навантаження, не перевищить несучої здатності. Знайшовши K , легко визначити закон зміни розмірів поперечного перерізу арки, що задовольняє умові надійності $H(x) = H_{зад}$:

$$F(x) = \frac{M_1(x)}{K}. \quad (31)$$

Список використаних джерел:

1. Бакієв М. До питання про навантаження, що діють на конструкції покриття. / М. Бакієв, В. Кузнецов, Р. Сафін // Міжвузівський збірник. – 1978. – Вип. 2, Котел. – С. 28-31.
2. Богза Ст. М. Принципи створення конструктивних форм сталевих каркасів полегшеного типу з універсальних елементів. / В. Р. Богза // Металеві конструкції, –1998. – №1. – С. 61-64.
3. Богза В. Р. Нові типи сільськогосподарських споруд / У. Р. Богза, С. В. Богданов // Сучасні будівельні конструкції з металу і деревини: Збірник наук. тр. — Одеса: ТОВ Внешрекламасервис. – 2005. – 4.2. – С. 4-8.
4. Геммерлинг А. Оптимальне проектування метало конструкцій. / А. Геммерлинг // Будівельна механіка і розрахунок споруд. – 1974. – №4. – С. 10-13
5. Гнітко А. Розрахунок надійності сталевих статично невизначених конструкцій. / О. Гнітко // Збірник наукових праці (галузеве машинобудування, будівництво), 1976. – Полтава : ПДТУ ім. Юрія Кондратюка, 1998. – Вип.1.
6. Гнітько А. В. Розрахунок надійності сталевих статично невизначених конструкцій. / О. В. Гнітько // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава : ПДТУ ім. Юрія Кондратюка, 1998. – Вип.1.
7. Іщенко И. І. Легкі металеві конструкції одноповерхових виробничих будівель : Справ. посібник. – 1979. – 200 с.
8. Перельмутер А. В. Про оцінку живучості несучих конструкцій. Металеві конструкції: Роботи школи професора Н.С. Стрілецького / А. В. Перельмутер. — М. : МГСУ, 1995.
9. Бараненко Ст. А. Генетичні алгоритми в оптимальному проектуванні конструкцій. Огляд. / В. А. Бараненко. // Придніпровська ДАБІА Вісник академії. – 2002. – №10. – С. 4-9.
10. Заріпов В. Ф. Легкі металеві конструкції ангарів з гнутих профілів прокату. / В. Ф. Заріпов // Сучасні проблеми вдосконалення і розвитку металевих, дерев'яних, пластмасових конструкцій в будівництві і на транспорті : Збірник наукових праць. — Самара : ТОВ СамЛЮКС, 2005. — 370 с.

В. С. Шебанин, В. Г. Богза, С. И. Богданов, И. И. Хилько. Расчет поперечного сечения арки при минимальной массе конструкции.

В статье освещены основные подходы к методике расчетов поперечных сечений конструктивного элемента арки, удовлетворяющего условию надежности и соответствующего при этом минимальной массе конструкции арки. Расчет выполняется при проектировании оптимальных арочных конструкций, который заключается в проектировании конструкции таким образом, чтобы во всех сечениях конструктивного элемента арки надежность была заданной, а масса конструкции арки при этом была минимально возможной.

Ключевые слова: поперечное сечение арки, площадь сечения арки, длина сечения арки, конструктивный элемент арки, запас прочности, надежность и долговечность стальной конструкции, устойчивость металлического каркаса, независимая случайная величина.

V. Shebanin, V. Bogza, S. Bogdanov, I. Hilko. Calculation of the cross section of the arc with the minimum weight of the construction.

The paper shows the main approaches to the calculation method of cross-sections of the structural element of the arch that meets the condition of reliability and the corresponding the minimum weight of the arch structure. The calculation is performed in the design of optimal arch designs, which is designing the structure so that all cross sections of the structural element of the arch of reliability was given, and the weight of the arch structure was the minimum possible.

The use of light arches with a given reliability saves metal and reducing the cost of the design and determines the prospects of applying such structures in buildings and agricultural buildings.

Key words: Cross-section of the arch, the cross-sectional area of the arch, the length of the cross section of the arch, a structural element of the arch, the margin of safety, reliability and durability of the steel structure, the stability of the metal framework, independent of the random variable.

ЗМІСТ

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

Л. В. Гуцаленко, Т. С. Пісоченко, С. О. Горбач.

Трудові ресурси як складова експортного потенціалу сільськогосподарського підприємства..... 3

М. В. Дубініна, І. П. Приходько, О. І. Лугова. Зовнішнє середовище та його вплив на формування економічного потенціалу підприємств 12

Ю. А. Кормишкін. Стратегічні напрями формування ефективної бізнес-інфраструктури аграрного підприємництва 22

Т. В. Смелянець, Л. В. Молошна. Особливості розвитку зовнішньоекономічної співпраці регіону 32

І. В. Агеєнко, О. В. Ткаченко. Теоретико-методичні аспекти внутрішнього контролю розрахунків з контрагентами 38

М. Й. Головка. Трансформація системи оподаткування прибутку юридичних осіб в Україні 48

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

О. О. Дрозд, О. В. Мельник, І. О. Мельник. Фізичні показники яблук сорту ренет симиренка, оброблених інгібітором етилену, залежно від типу саду і строку збору .. 57

Л. К. Антипова, В. В. Дикий, Н. В. Цуркан. Оптимізація сортового складу пшениці озимої – як одна зі складових стратегії розвитку зернового господарства..... 66

Г. М. Господаренко, В. В. Любич, Ф. К. Листопад. Вихід біоетанолу з урожаю зерна сортів пшениці озимої залежно від видів, норм і строків застосування азотних добрив 74

В. Г. Кур'ята, В. В. Рогач, О. В. Кушнір. Морфологічні особливості формування листового апарату перцю солодкого за дії гібереліну та фолікуру 86

О. П. Прісс, І. О. Бурдіна. Вплив строків висіву насіння на фотосинтетичну діяльність базиліку в умовах плівкових теплиць 93

Л. І. Онуфран, В. І. Нетіс. Поглинання та використання сонячної енергії посівами сої за різних умов вирощування 107

С. В. Федорчук. Ефективність регуляторів росту, хімічних і біологічних препаратів проти <i>Alternaria Solani</i> та <i>Phytophthora infestans</i> картоплі	116
О. М. Вишневська, В. О. Мельник, О. О. Кравченко. Економічна ефективність племінного свинарства півдня України	124
Т. В. Підпала, Ю. С. Маташнюк. Оцінка потоково-цехової системи виробництва молока	136
Ю. Ф. Дехтяр, Є. В. Баркар, І. А. Галушко. Використання ефективних технологічних рішень з годівлі свиней в умовах фермерських господарств	144
О. О. Стародубець, А. О. Бондар. Залежність якості відтворення свинопоголів'я від сезону року	155
С. М. Галімов. Технологія вирощування та оцінка кнурів за власною продуктивністю в умовах СГПП «ТЕХМЕТ-ЮГ» Миколаївської області.....	162

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

В. С. Шебанін, В. Г. Богза, С. І. Богданов, І. І. Хилько. Розрахунок поперечного перерізу арки при мінімальній масі конструкції	171
А. А. Мирошник. Нейросетевое прогнозирование параметров качества электрической энергии	180
О. А. Прудка, Н. П. Кунденко. Исследование проникновения оптического инфракрасного излучения в покровы пчел	199
Д. В. Бабенко, О. А. Горбенко, Н. А. Доценко, Н. І. Кім. Аналіз конструктивних рішень пресового обладнання	208
В. А. Грубань, А. П. Галєєва, М. Ю. Шатохін. Огляд сучасного стану механізованого збирання кукурудзи на зерно та перспективи розвитку	215