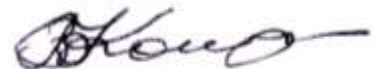


ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-  
ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кожушко Віталій Петрович**

УДК 624.012:624.1



**МОДЕЛЮВАННЯ СПОРУД НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ДЛЯ  
ОЦІНКИ ЇХ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ**

05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі та споруди

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня

доктора технічних наук

Харків -2007

## Загальна характеристика роботи

**Актуальність теми.** При проектуванні будівель і споруд доводиться робити розрахунок різних конструктивних елементів, які часто контактують з ґрунтом та іншими елементами. Це - прольотні будови мостів, міжповерхові перекриття будинків, тунелі, підпірні стінки, огорожі на мостах і підходах до них та ін.

Опубліковано велике число робіт, присвячених питанням розрахунку названих конструкцій з застосуванням рішень теорії пружності та пластичності, з урахуванням реологічних процесів і явища повзучості. Для розв'язування цих задач застосовувалися різні математичні прийоми, складний математичний апарат з великим ресурсом ЕОМ, але все-таки багато питань залишилися невирішеними.

Основна спрямованість дисертаційної роботи полягає в розробці єдиного методу розрахунку згаданих конструкцій з використанням смуг скінченної і нескінченної довжини. Це приводить до спрощення розв'язування задач при достатній для практичних цілей точністю і до значного зменшення машинного часу при реалізації розрахунків.

Актуальність дисертації представлена дослідженнями, спрямованими на розробку універсальних моделей, які без особливих змін можуть бути використані для розрахунку конструкцій, що контактують і не контактують з ґрунтом, з урахуванням особливостей роботи матеріалу, контакту з основою та експериментальною перевіркою теоретичних положень.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, темами.** Робота виконувалась у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті (ХНАДУ) по бюджетним темам Г-7612 (номер держреєстрації 76069012), Г-8114 (номер держреєстрації 01815003000) і по госпдоговірним темам (номери держреєстрації 75018928, 76098606, 75018928, 75018926, 76027368, 76058606, 78002720, 78002718, 79003434, 81007996, 02830007091, 01830001698, 01821011265, 01840001082, 01850002020, 01860012689, 01870001907). У рамках бюджетної тематики автором виконані розділи по розробці: розрахункових моделей коротких, довгих, ступінчатих і шарнірно-з'єднаних балок (смуг) на комбінованій основі і на лінійно-деформівному шарі скінченної товщини; розрахункових моделей прямокутної обробки тунелів з урахуванням сумісної роботи всіх елементів з ґрунтом; теорії розрахунку балкових, плитних і ребристих прольотних будов.

Автор був керівником, відповідальним виконавцем і виконавцем згаданих бюджетних НДР. У госпдоговірних темах автором розроблялись теоретичні положення розрахунку прольотних будов, підпірних стін та інших транспортних споруд, обстеження і випробування яких проводились співробітниками кафедри мостів ХНАДУ (ХАДІ). Крім того, автор брав участь у проведенні випробувань, опрацюванні експериментальних даних і розробці питань реконструкції та підсилення мостів.

**Мета роботи** полягає в створенні та впровадженні методу розрахунку інженерних споруд на основі рішень для смуг скінченної і нескінченної довжини, нових моделей ґрунту, реальних властивостей матеріалів як у пружній стадії, так і з урахуванням пластичності, повзучості та реологічних процесів.

### Завдання досліджень:

- експериментальне вивчення в натурних і лабораторних умовах напружено-деформованого стану конструкцій, взаємодіючих і не взаємодіючих з ґрунтом: тунелів, огорож, прольотних будов мостів;
- створення розрахункової моделі, яка без особливих змін могла б бути використана при розрахунку згаданих конструкцій і споруд;
- створення моделей ґрунту, які б близько описували роботу ґрунтової основи;

- складання програми розрахунку на ЕОМ коротких смуг (балок) на ґрунтовій основі, описуваній різними моделями, і складання бази даних реактивних зусиль, кутів повороту та осідань від одиничних зовнішніх зусиль (зосереджених сил, моментів і привантажень);
- розробка моделі розрахунку коротких смуг (балок) з урахуванням пластичних деформацій, нелінійності роботи їх матеріалу, повзучості основи, а також на просадочних і набухаючих ґрунтах з урахуванням реологічних процесів;
- виведення формул по визначенню одиничних моментів, поперечних сил, кутів повороту та прогинів коротких смуг (балок) на ґрунтовій основі;
- виведення формул у замкнутому вигляді з застосуванням функціональних переривників для смуг (балок) на комбінованій ґрунтовій основі;
- виведення формул для визначення деформацій коротких ступінчатих смуг (балок) на ґрунтовій основі;
- створення розрахункової моделі для визначення НДС довгих балок на ґрунтовій основі (півнескінчених, нескінчених, ступінчатих, шарнірно-з'єднаних) і смуг на ґрунті з різними умовами обпирання їх кінців;
- дослідження роботи огорожі бар'єрного типу на мостах і підходах до них;
- створення єдиного методу розрахунку прольотних будов, виконаних з будь-якого матеріалу;
- вивчення роботи прямокутних тунельних обробок з урахуванням спільної роботи всіх їх елементів з ґрунтом, сил тертя, глибини закладення, впливу однобічного тимчасового навантаження, загасання тисків від тимчасового навантаження з глибиною, конструктивних особливостей обробки та моделей ґрунтової основи;
- створення єдиної розрахункової моделі плоских і ребристих пластин з різними умовами обпирання країв;
- розроблення моделі розрахунку паль, гнучких і жорстких підпірних стінок;
- впровадження результатів розрахунку при проектуванні, реконструкції або підсиленні згаданих конструкцій.

**Об'єкт досліджень** – прольотні будови та пластини, підпірні стінки, підземні споруди, фундаменти, палі, огорожі на мостах і дорогах.

**Предметом досліджень** є вивчення напружено-деформованого стану: конструкцій і споруд з застосуванням нових розрахункових моделей ґрунту; конструкцій, взаємодіючих з ґрунтом, з урахуванням складного напруженого стану, нелінійності деформування матеріалів і реологічних процесів; прольотних будов регулярної й нерегулярної систем у пружній стадії та з урахуванням різних умов обпирання їх країв.

**Методи досліджень.** Теоретичні дослідження засновані на аналітичних методах будівельної механіки, які дозволили описати НДС різних конструкцій єдиним методом, у тому числі й при урахуванні повзучості, пластичних властивостей матеріалу та нелінійної роботи залізобетону. Теоретичні результати, отримані автором, порівнювались з теоретичними даними інших авторів.

Експериментальні дослідження проводились у лабораторії на спеціальних моделях, виконаних автором, на реальних експлуатованих мостах, а також базувалися на даних експериментів інших авторів.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

- розроблено нові розрахункові моделі споруд на основі у вигляді вінклерівського шару на лінійно - деформівній півплощині та на лінійно - деформівній чвертьплощині;
- проаналізовано роботу різних тунельних обробок прямокутного обрису з урахуванням спільної їх роботи з ґрунтом;
- розроблено метод розрахунку довгих смуг і балок (півнескінчених, нескінчених, шарнірно - з'єднаних і ступінчатих) на ґрунтовій основі;
- розроблено метод розрахунку жорстких і гнучких підпірних стінок;
- показано можливість використання методу розрахунку смуг на пружній вінклерівській основі для розрахунку огорожі на мостах і дорогах, прольотних будов і плит перекриттів;

- розроблено метод розрахунку фундаментів на просадочних і набухаючих ґрунтах, у тому числі й з урахуванням реологічних процесів;
- проаналізовано роботу балкових, плитних, плитно-ребристих і ребристих прольотних будов мостів при різних дефектах будівництва або експлуатації;
- розроблено метод розрахунку тонких пластин без ребер або підкріплених ребрами при різних граничних умовах;
- розроблено метод розрахунку смуг з урахуванням нелінійності роботи залізобетону та прольотних будов при урахуванні повзучості;
- показана можливість використання усереднених схем при розрахунку нерегулярних прольотних будов;
- запропоновано методику розрахунку дерев'яних прольотних будов і ортотропного настилу металевих прольотних будов;
- складено програми розрахунку прольотних будов і фундаментів.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що розроблено моделі й методи розрахунку різних інженерних конструкцій як взаємодіючих з ґрунтом, так і не контактуючих з ґрунтовою основою, а також складені програми розрахунку на ЕОМ, що дозволяють полегшити процедуру розрахунку складних конструкцій. Отримано бази даних одиничних реактивних зусиль, кутів повороту та відносних осідань коротких балок на ґрунтах, описуваних різними моделями, а також ординат ліній впливу зусиль, що передаються на головні елементи прольотних будов.

**Основні результати роботи впроваджені при розрахунку:**

- підсилення стіни підвального приміщення головного корпусу Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ) при завантаженні її баштовим краном;
- фундаменту у вигляді суцільної залізобетонної плити під будинок гуртожитку №6 ХНАДУ;
- залізобетонного дорожнього одягу під наднормативні навантаження у вигляді транспортних засобів для вивезення радіоактивних відходів;
- експлуатованих прольотних будов мостів з урахуванням дефектів для визначення їх несучої здатності при визначенні можливості пропуску по мостах наднормативних навантажень, а також при підсиленні та реконструкції існуючих мостів;
- снігозахисних галерей автомобільної дороги через Головний Кавказький хребет по Рокському перевалу.

**Особистий внесок здобувача:**

- проведено аналіз результатів розрахунку різних інженерних споруд: коротких смуг і балок на ґрунтовій основі, півнескінчених, нескінчених, шарнірно з'єднаних і ступінчатих смуг і балок, смуг на ґрунті з різними умовами обпирання їх кінців, тунельних обробок прямокутного обрису, жорстких і гнучких підпірних стінок, прольотних будов і огорож на мостах, пластин при різних умовах їх обпирання;
- проведено експерименти на розробленій автором моделі тунелю, на десятках реальних мостів при їх випробуванні;
- одержано непогану збіжність (у межах 10-30%) теоретичних і експериментальних даних;
- запропоновано єдиний метод розрахунку згаданих конструкцій з застосуванням змішаного методу будівельної механіки, а в ряді випадків з застосуванням функціональних переривників;
- складено програми розрахунку на ЕОМ смуг і балок на ґрунтовій основі, а також бази даних одиничних реактивних зусиль, кутів повороту та осідань фіктивного затиснення для різних моделей ґрунту (вінклерівської основи, лінійно-деформівної півплощини та півпростору, лінійно-деформівному шару скінченної товщини, лінійно-деформівній чвертьплощини та запропонованих автором комбінованих моделей);
- складено програму розрахунку прольотних будов і бази даних ординат ліній впливу зусиль на головні поздовжні елементи прольотної будови;
- розроблено методику розрахунку смуг на ґрунтовій основі з урахуванням нелінійності роботи залізобетону, миттєвої деформації, деформації повзучості, пластичних деформацій,

- реологічних процесів, які відбуваються в ґрунті, при змінному коефіцієнті жорсткості ґрунту, розроблено метод розрахунку смуг на просадочних і ґрунтах, що набухають;
- показано, що урахування нелінійності роботи матеріалу смуг на ґрунтовій основі або повзучості приводить до економічніших (на 20-30%) рішень конструкцій;
  - розроблено методуку та отримано формули для визначення НДС ступінчатих коротких смуг на ґрунтовій основі;
  - отримано в замкнутому вигляді формули для розрахунку смуг на комбінованій основі з застосуванням функціональних переривників;
  - показано, що при урахуванні пластичних деформацій у матеріалі балок на ґрунтовій основі система має значні ресурси, але вони в значній мірі залежать від прийнятої моделі ґрунту, а граничні величини зовнішніх зусиль повинні бути обмежені граничними деформаціями;
  - розроблено єдину методуку розрахунку довгих смуг (напівнескінчених, нескінчених, шарнірно- з'єднаних і ступінчатих) на однорідній і неоднорідній по їхній довжині основах;
  - показано, що розроблений метод розрахунку вільних коротких смуг (балок) легко може бути застосований при визначенні НДС коротких смуг (балок), обпертих на зосереджені опори, або смуг з затисненими кінцями;
  - розроблено метод розрахунку огорож на мостах і на підходах до них;
  - запропоновано єдиний метод розрахунку будь-яких у конструктивному відношенні прольотних будов автодорожніх мостів як у пружній стадії, так і з урахуванням повзучості бетону;
  - запропоновано єдиний метод розрахунку прямокутних тунельних обробок з урахуванням спільної роботи всіх елементів з ґрунтовим масивом;
  - запропоновано єдиний метод розрахунку тонких пластин, підкріплених і невідкріплених ребрами, при різних умовах обпирання їх сторін на опори. Показано збіжність результатів розрахунку, отриманих автором, з даними існуючих теоретичних методів.

**Апробація результатів досліджень.** Основні результати дисертації доповідалися та обговорювалися на конференціях Харківського автомобільно-дорожнього інституту та конференціях інших організацій.

Республіканські конференції:

Регіональна науково-технічна конференція «Інтенсивность строительства» (Володимир, 1988р.);

Обласна конференція «Достижения ученых - народному хозяйству» (Харків, 1990р.);

Наукова технічна конференція «Шляхи підвищення ефективності дорожнього господарства України в нових умовах господарювання» (Київ, 1994р.).

Республіканські семінари:

Український міжгалузевий науково-технічний семінар «Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації штучних споруд на шляхах сполучення» (Київ, 1996р.);

Український міжгалузевий науково-технічний семінар «Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації штучних споруд на шляхах сполучення» (Київ, 2002р.).

Всесоюзні конференції:

Міжреспубліканська конференція «Улучшение качества строительства и эксплуатации городских дорог» (Мінськ, 1973р.).

Міжнародні конференції:

Міжнародна конференція «Автомобильный транспорт и дорожное хозяйство на рубеже 3-го тысячелетия» (Харків, 2000р.).

Науково-технічні та науково-практичні сесії Харківського автомобільно-дорожнього інституту (пізніше університету): 45 сесія (Харків, 1981р.); 46 сесія (Харків, 1982р.); 49 сесія (Харків, 1985р.); 50 сесія (Харків, 1986р.); 51 сесія (Харків, 1987р.); 52 сесія (Харків, 1988р.); 53 сесія (Харків, 1989р.); 54 сесія (Харків, 1991р.); 55 науково-технічна конференція (Харків, 1992р.); 57 науково-технічна конференція (Харків, 1994р.); 60 науково-технічна конференція (Харків, 1997р.); 64 сесія (Харків, 2000р.).

**Публікації.** Основні результати роботи викладені в монографії «Расчет конструкций на комбинированном основании» (1987р.), у книгах «Расчет инженерных конструкций на линейно-

деформируемом слое конечной толщины» (1990р.) і «Пропуск сверхнормативных нагрузок по автодорожным мостам» (1986р.), а також в 96 опублікованих статтях. В авторефераті наведено 56 опублікованих робіт (виключені депоновані рукописи, тези статей та ін.).

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, десяти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 671 найменування та окремого тому додатків. Основний том містить 408 сторінок, у тому числі 327 сторінок основного тексту, 79 рисунків і 13 таблиць, 62 сторінки бібліографії. Том додатків містить 364 сторінки, з них 120 рисунків і 79 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Стан проблеми.** У першому розділі наведений аналіз методів розрахунку інженерних споруд: коротких, довгих, шарнірно - з'єднаних і ступінчатих смуг (балок) на ґрунтовій основі, балок на ґрунті при різних умовах обпирання їх кінців, паль і підпірних стін, огорожі на мостах і підходах до них, прольотних будов мостів, прямокутних тунелів і труб, тонких плит при різних умовах обпирання їх країв.

При роботі системи «коротка балка-ґрунт» у пружній стадії для розв'язування задачі використовується диференціальне рівняння згину балки

$$\frac{E \cdot I}{b} \cdot \frac{d^4 y}{dx^4} = q(x) - p(x), \quad (1)$$

де  $EI$  жорсткість при згині балки, кН·м<sup>2</sup>;

$b$  - ширина балки, м;

$q(x)$  - зовнішнє розподілене по всій довжині балки навантаження, кН/м<sup>2</sup>;

$p(x)$  - реактивний тиск (кПа), що в залежності від прийнятої моделі ґрунту описується різними математичними виразами.

При розрахунку смуг у формулу (1) вводиться циліндрична жорсткість  $EI/(1-\nu^2)$ , де  $\nu$  - коефіцієнт Пуассона матеріалу смуги.

Вся складність завдання полягає в розв'язуванні диференціального рівняння (1) четвертого порядку. Порівняно просте рішення виходить при завантаженні балки (смуги) зовнішнім розподіленим навантаженням по всій довжині елемента, при завантаженні кінців її зосередженими силами або моментами та при використанні для опису реактивних тисків  $p(x)$  моделі Вінклера (Winkler E.).

$$p=ky, \quad (2)$$

де  $y$  - згин смуги (фундаменту) у м;

$k$  - коефіцієнт пропорційності ґрунту, кН/м<sup>3</sup>, що був спочатку названий коефіцієнтом постелі, а пізніше коефіцієнтом жорсткості.

Якщо до балки (смуги) прикладене кусочне розподілене навантаження, зосереджені сили або моменти не по кінцях балки, застосовані інші (складніші) моделі ґрунту, задача з математичної точки зору значно ускладнюється, тому що доводиться переходити до інтегро-диференціальних рівнянь, розв'язування яких у замкнутому вигляді часто стає неможливим. Точність розв'язування задачі також залежить і від прийнятої моделі ґрунту. У зв'язку з цим роботи дослідників і присвячені питанням вирішення математичних труднощів та вибору моделі ґрунту.

Розв'язуванню задачі з застосуванням моделі Вінклера (моделі місцевих деформацій) присвячені роботи: Г.Д.Дугова, Л.В.Канторовича, В.І.Кисільова, С.М.Клепікова, В.Г.Коренева, А.М.Крилова, Б.С.Луніна, Н.С.Метелюка, А.М.Овечкіна, Ю.В.Павлова, Є.А.Палатнікова, Г.Ф.Папковича, П.Л.Пастернака, М.К.Снітка, О.А.Уманського, Є.Б.Фрайфельда, А.Ангелова, J.A.Avrמידis, К.Хаяси, Н.Капітонова, V.Kolar, A.Lloret, A.Poceski, J.Reyes, N.L.Robinson, N.Ungureanu та ін.

З 20-х років ХХ століття почали впроваджуватися розрахунки балок (смуг) на ґрунтовій основі з застосуванням моделей ґрунту, що ураховують розподільну здатність (лінійно-деформівна півплощина та півпростір). Дослідження балок (смуг) з застосуванням цих моделей розглянуті в роботах Л.П.Винокурова, М.М.Герсеванова, Л.С.Гільмана, М.І.Горбунова-Посадова, С.С.Давидова, Б.М.Жемочкіна, П.І.Клубіна, В.І.Кузнєцова, Г.Е.Проктора, М.П.Пузиревського,

І.А.Сімвуді, В.А.Флоріна, І.Чанга, П.Колева, Р.Kollar, Z.Konczak, Хр.Куюмджиева, R.Masih, Дж. Мейза, Дж. Одена, J.Santos, К.Вігхардта, М. Васильєва, О.Зенкевича та ін.

Аналіз цих робіт показав, що при розв'язуванні смуг (балок) на ґрунтовій основі з застосуванням згаданих моделей ґрунту можливе застосування методу Б.М.Жемочкіна, що базується на змішаному методі будівельної механіки. У цьому випадку можна виключити розв'язування інтегро-диференціальних рівнянь і розв'язувати задачу при впливі на балку (смугу) будь-яких зовнішніх навантажень або привантажень. Ці задачі (крім урахування привантажень) можливо здійснити й шляхом розв'язування диференціального рівняння (1) з використанням функціональних переривників.

Оскільки при використанні моделей лінійно-деформівних півплощини та півпростору воронка деформацій буде дуже великою, що не підтверджується експериментами, а загасання напруг по глибині ґрунтового масиву відбувається на нескінченності, були розроблені інші моделі, наділені розподільною здатністю, що в якійсь мірі виключають недосконалість лінійно-деформівних півплощини та півпростору. Це модель у вигляді лінійно-деформівного шару скінченної товщини, комбіновані й багатопараметричні моделі, моделі, що враховують змінність механічних характеристик ґрунту по глибині масиву, нелінійну залежність між деформаціями й напругами або реологічні процеси. Розв'язувались задачі й з урахуванням нелінійної роботи матеріалу смуг (балок). Це роботи Д.В.Вайнберга, Л.П.Винокурова, В.З.Власова, Г.С.Глушкова, М.І.Горбунова-Посадова, С.С.Давидова, Б.І.Далматова, К.Є.Єгорова, І.І.Кандаурова, Г.К.Клейна, С.М.Клепікова, Б.І.Когана, Г.В.Крашениннікової, М.М.Леонтьєва, І.Я.Лучковського, М.С.Метелюка, Ю.М.Мурзенка, А.А.Мустафаєва, П.Л.Пастернака, Г.А.Рапопорта, Л.М.Репнікова, С.А.Ривкіна, О.П.Синиціна, В.І.Соломіна, М.М.Філоленка-Бородича, І.І.Черкасова, О.Я.Шехтер, Т.Ш.Ширинкулова, І.Я.Штаермана, О.Я.Яковлєва, Р.Т.В'юна, F.Erdogan, R.E.Gibson, T.Iamanidze, L.M.Keer, W.Knabe, J.Kratena, Z.Kysela, E.Pan, M.Ratwani, K.G.Sharma, К.Вігхардта й ряду інших.

Оскільки ґрунт практично не сприймає розтягувальних зусиль, були розроблені методи розрахунку, що враховують відрив балки (смуги) від ґрунтової основи, тобто контактні задачі розрахунку балок з односторонніми зв'язками. Цим питанням присвячені роботи наступних авторів: А.А.Афендульєва, В.Я.Бачинського, В.А.Горбунова, В.Д.Ламзюка, В.І.Мосаковського, І.А.Панькіна, В.І.Петришина, N.Kikuchi, F.Maceri, N.Pavlovis та ін.

Установлено, що й ці задачі можна розв'язувати порівняно просто, використовуючи змішаний метод Б.М.Жемочкіна.

Нині опубліковано велику кількість робіт з розрахунку довгих балок (смуг) на ґрунтовій основі. При їх розрахунках використовується більшість розроблених у світі моделей ґрунтової основи. Це роботи Б.Г.Брадула-Кирилова, В.З.Власова, М.М.Герсєванова, М.І.Горбунова-Посадова, К.Є.Єгорова, Б.М.Жемочкіна, А.Г.Ішкової, Е.Керімгазієва, Т.А.Маликової, А.М.Овечкіна, Є.А.Палатнікова, П.Л.Пастернака, І.А.Сімвуді, О.А.Уманського, О.Я.Шехтер, G.G.Adams, D.V.Body, Z.Celep, B.G.Hellers, A.Konrad, G.M.Kurajian, T.Y.Na, H.Tanahashi, C.E.Ting та ін. Залежно від виду зовнішнього навантаження і моделі ґрунту автори пропонували свої приватні рішення. Особливо треба відзначити роботи П.Л.Пастернака та

І.А.Сімвуді, які запропонували довгі смуги розрізати на короткі, замінюючи відкинуті зв'язки зусиллями. Ці рішення носять загальний характер, але вони справедливі при використанні тільки вінклерівської моделі ґрунту. При використанні ж моделей, що урахують розподільну здатність, необхідно урахування впливу коротких смуг (балок) одну на одну, що саме й не враховано І.А.Сімвуді. Для багатьох задач не складені бази даних реактивних і внутрішніх зусиль, що значно ускладнює їх розв'язування, не розроблені методи, що враховують змінність характеристик ґрунту по довжині смуги, тобто є цілий ряд питань, що вимагають додаткових досліджень.

Порівняно невелика кількість робіт присвячена розрахунку шарнірно-з'єднаних смуг (балок) на ґрунтовій основі. Це роботи Б.Г.Брадула-Кирилова, Г.М.Кадочникової, Б.І.Когана, А.М.Овечкіна, П.Л.Пастернака, І.А.Сімвуді, О.А.Уманського, Р.Кollar, L.Strat, N.Ungureami та ін.

Питаннями розрахунку ступінчатих смуг (балок) займалися Л.Б.Гримзе, Б.М.Жемочкін, О.В.Лужин, І.А.Сімвуді, В.Б.Швець, О.Лікар, D.Mahr, R.Uzcategui й ін.

Аналіз методів розрахунку шарнірно-з'єднаних і ступінчатих смуг (балок) показав, що для розв'язування задачі можна використати методіку рішення розрахунку коротких смуг, а, виходить, ці методи мають згадані раніше недоліки й вимагають подальших досліджень. Є цілий ряд робіт по розрахунку смуг (балок) на ґрунтовій основі з обпертими або затисненими кінцями. Це роботи І.А.Сімвуді, Г.П.Ясинського, А.Е.Armenakas, V.Chyba, N.G.Iyengar, Н.Кobayashi, О.Лікар, К.Sonoda, G.J.Turvey, А.Ј.Valsangkar, Ting Bing-Yuan, E.Zagustin та ін. У розглянутих рішеннях приймалися моделі основи, які враховували тільки місцеві або тільки загальні деформації, а при розв'язуванні задач використовувався складний математичний апарат. Практично відсутні рішення з застосуванням комбінованих моделей, моделей, що враховують нелінійну роботу матеріалу смуги, деформації опор, тобто ряд питань вимагає подальших досліджень.

Розрахунку прямокутних та іншого перерізу тунелів і труб присвячені роботи Ю.М.Айвазова, М.І.Горбунова-Посадова, С.С.Давидова, Б.М.Жемочкіна, П.М.Зелевича, С.М.Клепікова, С.І.Мальгінова, Н.І.Міхельсона, Г.Р.Розенвассера, І.А.Сімвуді, Н.Н.Фотієвої, Д.Цанева, J.G.Ergatoudis, G.Gioda, L.Jurino, М.С.Knights, F.Miyahara, D.H.Potts, S.Sklivanos, С.Христова.

Аналіз результатів розрахунку прямокутних тунелів показав, що гнучким методом є метод розрізу обробки у вузлах на окремі смуги (пропозиція І.А.Сімвуді). Але І.А.Сімвуді ґрунт як у районі лотка, так і біля вертикальних стін моделює лінійно-деформівною півплощиною, що не зовсім коректно. Цілий ряд питань по розрахунку тунелів вимагає подальших досліджень. Це питання впливу глибини закладення тунелю й різних моделей ґрунту на НДС системи, сил тертя, привантаження, одностороннього тимчасового навантаження й затухання його по глибині, конструкції тунельних обробок на розподіл зусиль в системі.

Дослідженнями тиску ґрунту на підпірні стінки та роботи підпірних стінок і паль з урахуванням їх взаємодії з ґрунтом займалося багато вчених. Це- М.І.Безухов, І.М.Безпрозванна, О.Я.Будін, М.Н.Варгін, М.М.Глотов, А.Л.Гольдін, С.С.Голушкевич, М.П.Дубровський, Л.М.Ємельянов, М.Є.Каган, І.Я.Лучковський, Т.А.Маликова, Г.А.Молодченко, Ю.М.Мурзенко, І.П.Прокоф'єв, В.Ф.Раюк, І.А.Сімвуді, М.К.Снітко, В.В.Соколовський, З.В.Цагарелі, М.О.Цитович, Є.І.Чернишова, Р.С.Шеляпін, Ф.М.Шихієв, П.І.Яковлев, Р.Вosak, В.Broms, W.G.Clough, Т.Ганев, S.Jeong, І.Кръстилов, В.Л.Лу та ін.

Аналізуючи ці роботи, можна зробити висновок про те, що ще не розроблена єдина методика розрахунку жорстких і гнучких підпірних стін, яка б ураховувала одночасно вплив ґрунту засипки та основи, затухання бічного тиску від тимчасового навантаження по висоті стінки, різні фізико-механічні характеристики ґрунту засипки та основи, різні види переміщень, змінення характеристик ґрунту по довжині паль.



Робіт з розрахунку огорож на мостах та особливо на підходах до них дуже мало. Багато робіт (у зв'язку із труднощами теоретичних рішень) присвячені натурним експериментам огорож. Цими питаннями займалися М.Г.Вільсон, В.А.Кара-Мадэ, П.К.Малінін, І.Д.Сахарова, В.В.Фролов, Л.Т.Чертков, В.І.Шестериков та ін. У цих працях немає рекомендацій з розрахунку огорожі бар'єрного типу на насипах підходів до мостів, не проаналізовані питання впливу співвідношення жорсткостей стін і смуг огороження на НДС системи, немає єдиного підходу до розв'язування задач по розрахунку огорожі на мостах і підходах до них.

Проаналізовано методи розрахунку прольотних будов автодорожніх мостів на дію тимчасових і постійних навантажень. У зв'язку з різноманітністю конструктивних рішень прольотних будов розроблено велику кількість методів їх розрахунку. Дослідженнями роботи прольотних будов займалися А.В.Александров, М.Є.Гібшман, Б.Г.Гнідець, Т.Р.Давидянц, В.Г.Донченко, В. Г. Кваша, Є. Л. Крамер, А.І.Лантух-Лященко, М.П.Лукін, Н.М.Митропольський, Б.П.Назаренко, М.М.Онищенко, Є.Н.Петреня, В.І.Попов, А.О.Потапкін, І.Н.Прудченко, В.О.Російський, Л.В.Семенець, В.Ф.Снітко, Н.Є.Страхова, В.П.Стуков, І.А.Трифонов, Б.Є.Улицький, Н.М.Хвоцинська, О.Ф.Яременко, В.Вakht, V.S.Cheung, Н. Грозев, Х.Хомберг, L.G.Jaegar, J.V.Kennedy, W.Y.Ly, P.R.Reisnour, Н.Вайнмайстер та ін.

Аналіз вітчизняних і закордонних робіт показав, що немає єдиного методу розрахунку всіх типів прольотних будов регулярної та нерегулярної схем, які б дозволяли робити розрахунки в пружній стадії та з урахуванням повзучості, у лінійній і нелінійній постановках.

При розрахунку тонких пластин пропонуються різні підходи до розв'язування задач для визначення їх НДС, і ці підходи залежать від виду зовнішнього навантаження та умов обпирання країв пластин. Питаннями розрахунку тонких пластин займалися А.В.Александров, Д.В.Вайнберг, Б.Г.Гальоркін, І.А.Гудушаурі, А.С.Колманюк, Ю.А.Киричек, А.П.Куликовський, С.Г.Лехницький, В.В.Панасюк, І.Г.Пискунов, Ю.М.Работнов, А.Ф.Смирнов, В.В.Соколовський, В.П.Суслов, С.П.Тимошенко, Л.О.Толоконніков, Е.Д.Чихладзе, М.М.Шапошніков, З.Кончковський, К.Ректорис та ін. Аналіз цих робіт показав, що розрахунок тонких пластин проводиться з залученням складного математичного апарату, рішень теорії пружності, пластичності та повзучості, а також варіаційних і чисельних методів аналізу.

На основі зробленого огляду літературних джерел сформульована задача дисертації про створення методу розрахунку, який без значних може бути застосований для визначення НДС розглянутих конструкцій.

**У другому розділі** запропоновані розрахункові моделі коротких смуг (балок) на ґрунтовій основі та реалізація рішень по їх розрахунку. При розв'язуванні задач використано два підходи: перший базується на змішаному методі будівельної механіки, розробленому Б.М.Жемочкіним; другий - на розв'язуванні диференціального рівняння четвертого порядку з застосуванням функціональних переривників.

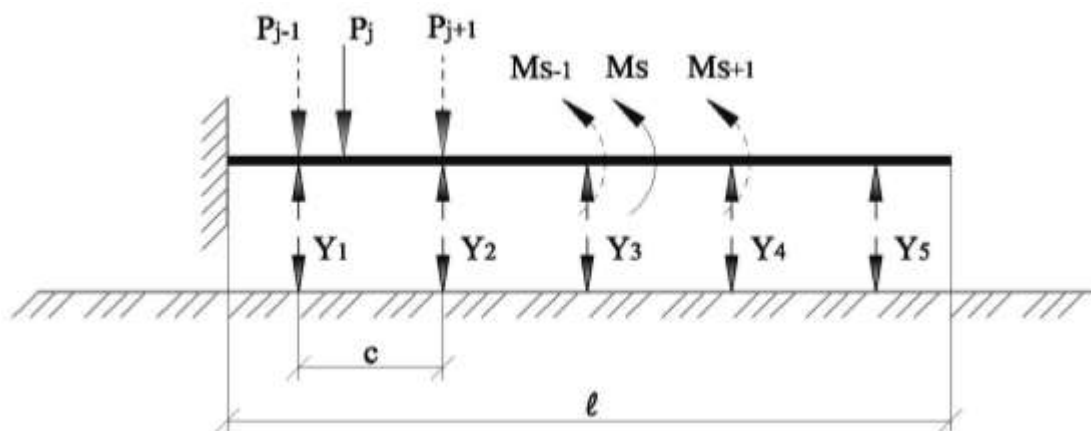


Рис. 1. Основна система на ґрунтовій основі



Установлено, що привантаження істотно впливає на НДС системи. Показано, що при розрахунку смуг на комбінованій основі, що мають різні значення коефіцієнтів бічного розширення ґрунту  $\nu_0$ , можна користуватися рішеннями для тих самих показників  $\alpha$  і  $\nu_0$ , але при іншій товщині відносного шару.

При розрахунку смуг на комбінованій основі епюра реактивних тисків стає славнішою, чим при роботі смуг на лінійно-деформівній півплощині, внутрішні зусилля змінюються в межах 10-15%, але форма епюри згинальних моментів може різко змінюватися

Виведено формули для визначення кутів повороту та прогинів для різних перетинів смуг, формули для визначення одиничних моментів і поперечних сил, побудовані графіки зміни одиничних моментів при різних величинах показника гнучкості  $\alpha$  системи «смуґа – ґрунт». Доведено, що згинальні моменти по середині смуги зменшуються при збільшенні показника гнучкості  $\alpha$ , і збільшуються при введенні товщини  $\zeta$  вінклерівського шару, якщо застосовується комбінована модель.

Показано методику визначення реактивних тисків, внутрішніх зусиль і деформацій смуг (балок) за лініями впливу реактивних зусиль, що полегшує розрахунки при впливі на систему зовнішнього навантаження, що переміщається.

Уперше складені значення одиничних переміщень  $\delta_{ki}$  і вільних членів  $\Delta_{iP}$  ступінчатих смуг (балок), виражені через номери точок, що дозволило розв'язувати задачі з урахуванням нелінійності деформування матеріалу, використовуючи при цьому інтегральний модуль В.М.Бондаренка. Задача розв'язувалась методом ітерацій. Аналіз розрахунку балки на лінійно-деформівному півпросторі, навантаженої силою, показав, що при розрахунку повзучості матеріалу максимальні значення тисків на ґрунт збільшуються, а згинальні моменти зменшуються на 13-30%, тобто при урахування повзучості можна одержати економічніші рішення балок.

Проаналізовано роботу балок з урахуванням пластичних деформацій її матеріалу. Установлено, що напруги в крайніх фібрах досягають граничних значень при різних величинах зосереджених сил або інтенсивностях розподілених навантажень, і ці величини в значній мірі залежать від обраної моделі ґрунту. Значення сил  $P$  або інтенсивності розподілених навантажень повинні бути обмежені розрахунками за другою групою граничних станів.

Запропоновано єдину модель розрахунку фундаментів на просадочних ґрунтах при будь-якому (лінійному або нелінійному) змінюванні коефіцієнта жорсткості по довжині фундаменту, і проведений аналіз результатів розрахунку балок по запропонованому методу, по методу А.А.Мустафаєва та рішенню Б.А.Косиціна та Д.Н.Соболева, отриманих ними варіаційним способом Лагранжа-Рітца. Показано практичний збіг результатів розрахунку вже при розбиванні балки на 7 ділянок.

Розроблено модель розрахунку балок на ґрунтах, що набухають, як конструкцію на вінклерівській основі, навантажених дійсними зовнішніми й еквівалентними навантаженнями, які запропоновані в роботі А.А.Мустафаєва. Застосовано єдину методику розрахунку при впливі осередків замочування в різних місцях по довжині балки як у пружній стадії, так і з урахуванням реологічних процесів набрякання. Для опису реологічних процесів набрякання нами використана теорія спадкової повзучості. Проаналізовано роботу системи з урахуванням миттєвої деформації й після стабілізації деформацій ґрунту на 75 добу. На час стабілізації деформацій максимальний згинальний момент збільшився в 1,39 рази, а поперечна сила - в 1,16 рази.

При розрахунку смуг на комбінованій основі у вигляді вінклерівського шару на лінійно-деформівній півплощині зроблено розв'язування диференціального рівняння 4-го порядку з застосуванням функціональних переривників. Отримано формули в замкнутому вигляді. Аналіз результатів розрахунку смуг показав, що:

помилки у визначенні коефіцієнта жорсткості в межах до 50% не приводять до істотної зміни НДС системи;

епюри тисків у порівнянні з рішеннями І.А.Сімвуліді мають плавніший характер; внутрішні зусилля та деформації можуть змінюватися до 30% у порівнянні з рішеннями І.А.Сімвуліді.

У третьому розділі розроблено розрахункові моделі довгих смуг (балок) на ґрунтовій основі. Пропонується довгі смуги (балки) розрізати на короткі (рис. 2) таким чином, щоб показник гнучкості  $t$  «коротка смуга-ґрунт» по М. І. Горбунову-Посадову не перевищував 10, або, те ж, показник гнучкості  $\alpha$  по Б.М.Жемочкіну був не більше 0,427. У той же час розрізи варто виконувати так, щоб у межах короткої смуги був однаковий ґрунт або смуга мала однакову жорсткість (при розрахунку ступінчатих або шарнірно-з'єднаних конструкцій)

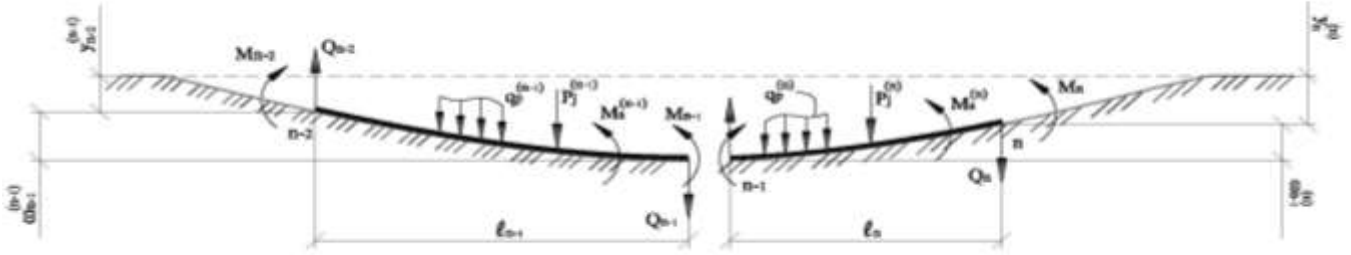


Рис.2. Розрахункова схема довгої смуги (балки)

Для визначення кінцевих зусиль у місцях розрізу необхідно скласти  $(2n-2)$  рівнянь сумісності деформацій (3), що виражають рівність кутів повороту й прогинів сусідніх коротких смуг. Кути повороту та прогини повинні бути отримані з урахуванням впливу смуг один на одного, що відрізняє це рішення від рішень І.А.Сімвуді.

$$\begin{cases} w_1^{(1)} = w_1^{(2)} - (y_2^{(2)} - y_0^{(1)}); \\ \varphi_1^{(1)} = -\varphi_1^{(2)}; \\ \dots\dots\dots \\ w_{n-1}^{(n-1)} = w_{n-1}^{(n)} - (y_n^{(n)} - y_{n-2}^{(n-1)}); \\ \varphi_{n-1}^{(n-1)} = -\varphi_{n-1}^{(n)}, \end{cases} \quad (3)$$

де  $w_{n-1}^{(n-1)}$  - прогин правого кінця  $(n-1)$ -ї (лівої) балки в місці розрізу при розташуванні початку координат на лівому кінці  $(n-1)$ -ї балки;

$w_{n-1}^{(n)}$  - прогин лівого кінця  $n$ -ї (правої) балки в місці розрізу при розташуванні початку координат на правому кінці  $n$ -ї балки;

$y_n^n$  - відносне осідання правого кінця  $n$ -ї балки (у точці  $n$ );

$y_{n-2}^{(n-1)}$  - відносне осідання лівого кінця  $(n-1)$ -ї балки (у точці  $n-2$ )

$\varphi_{n-1}^{(n-1)}$  - кут повороту правого кінця  $(n-1)$ -ї балки (у точці  $n-1$ )

$\varphi_{n-1}^{(n)}$  - кут повороту лівого кінця  $n$ -ї балки (у точці  $n-1$ )

$n$  – кількість коротких смуг (балок).

Останній член у рівняннях (3) урахує різницю осідань лівого кінця лівої смуги та правого кінця правої смуги. Для визначення невідомих у місцях розрізів замість рівності прогинів  $w$  можна використати рівність реактивних тисків, які також повинні бути визначені з урахуванням впливу коротких смуг один на одного.

Після визначення невідомих кожна коротка смуга розглядається як окрема система, навантажена прикладеними до неї зовнішніми зусиллями, кінцевими зосередженими силами й моментами.

Після визначення реактивних тисків, кутів повороту та прогинів у місцях розрізу (при використанні змішаного методу розрахунку) треба користуватися складеними нами таблицями, при розрахунку смуг на комбінованій основі з застосуванням функціональних переривників - виведеними нами формулами. Задача розв'язувалась методом ітерацій. Уже в другому наближенні виходять прийнятні для практики рішення.

При розрахунку шарнірно-з'єднаних смуг (балок) на ґрунтовій основі розрізи необхідно робити в місцях установки шарнірів, а для визначення поперечних сил у місцях розрізу використати умову рівності деформацій або реактивних тисків коротких смуг.

Таким чином, запропонований єдиний метод розрахунку нескінченних, півнескінченних, ступінчатих і шарнірно-з'єднаних смуг (балок) на ґрунтовій основі.

Проведено аналіз результатів розрахунку нескінченної смуги, завантаженої зосередженою силою, по запропонованому методу й методу М.М.Герсеванова-Я.А.Мачерета, півнескінченної смуги, навантаженої зосередженим моментом, по методу автора й по таблицях Г.Я.Попова й В.Л.Воробйова. Максимальні й мінімальні за абсолютною величиною згинальні моменти, розраховані цим методом, відрізнялися на 3,6-6%, а максимальні поперечні сили - на 2,7-8,5%. Проаналізовано роботу довгих і шарнірно-з'єднаних смуг на лінійно-деформівній півплощині (метод І.А.Сімвуді) і на двошаровій (комбінованій) основі (запропонована модель). Задача розв'язувалась з застосуванням функціональних переривників. Аналіз результатів розрахунку показав, що при використанні комбінованої моделі епюра реактивних тисків стає плавнішою, а максимальні згинальні моменти збільшуються. Урахування двухшаровості основи приводить до значної зміни згинальних моментів й у меншій мірі поперечних сил.

Показано, що при розрахунку шарнірно-з'єднаних смуг на шарі скінченної товщини НДС системи в значній мірі залежить від товщини стисливого шару. Доведено можливість розрахунку довгих смуг як єдиної системи (без розрізу їх на короткі смуги) при показнику гнучкості системи «смуґа-ґрунт»  $t > 10$  (або, те ж  $\alpha > 0,427$ ).

**Четвертий розділ** присвячений розрахунку смуг на ґрунтовій основі при одночасному обпиранні їх на зосереджені опори або при затисненні кінців. Пропонується фіктивне затиснення вводиться на лівому кінці, а відкинуті зв'язки замінювати силами й моментами. Зусилля  $Y_i$  і моменти  $M_i$  у місці видалення зв'язків знаходимо з умови рівності нулю реактивних тисків і кутів повороту. При визначенні дійсних реактивних тисків і кутів повороту використовуються складені автором бази даних одиничних реактивних зусиль і кутів повороту коротких смуг (при застосуванні змішаного методу) або виведені формули (при застосуванні функціональних переривників)

Проаналізовано роботу смуги на шарі скінченної товщини, що обпирається правим кінцем на зосереджену опору, при різних величинах її осідання. При урахування осідань НДС смуги зовсім відрізняється від НДС при обпиранні смуги на нерухому опору. При збільшенні осідання опори набагато збільшується тиск під правим кінцем, а максимальні моменти значно зменшуються. При зміні положення зосередженої опори різко міняється форма епюри реактивних тисків, а, виходить, і НДС системи.

Для аналізу впливу на НДС системи відносної товщини шару, що вводиться при використанні комбінованої моделі, була розглянута смуга з двома кінцевими зосередженими опорами.

Показано, що при зміні відносної товщини  $\zeta$  вінклерівського шару в межах від нуля до 0,5 опорні зусилля збільшилися в 2,61 рази, максимальні реактивні тиски по середині смуги зменшилися в 1,34 рази, а максимальні згинальні моменти збільшилися в 1,28 рази.

**У п'ятому розділі** викладаються питання розрахунку палей, гнучких і жорстких підпірних стінок. Палі пропонується розраховувати як елементи з двосторонніми зв'язками на лінійно-деформівній чвертьплощині або на запропонованій автором комбінованій основі у вигляді вінклерівського шару, що лежить на лінійно-деформівній чвертьплощині, хоча може бути застосована і будь-яка інша модель ґрунту. При розв'язуванні задачі використовується змішаний спосіб будівельної механіки. У загальному випадку паля розглядається як ступінчата балка, що може мати шарнірні з'єднання по довжині. Паля розрізається на окремі короткі балки так, щоб показник гнучкості  $\alpha$  системи «паля-ґрунт» не перевищував 0,427. Палю постійного поперечного перерізу можна розчленовувати на дві короткі балки або взагалі розглядати як суцільний стержень. Фіктивне затиснення вводиться внизу короткої балки. Ширина палі приймається умовною.

При визначенні переміщень чвертьплощини використовується рішення Т.А.Маликовій. Невідомі визначаються шляхом розв'язування системи рівнянь, яка подібна до системи (1). Для полегшення розрахунків складені бази даних одиничних реактивних зусиль, кутів повороту й осідань.

Для порівняння теоретичних даних з даними досліду нами була розрахована паля, випробувана Я.Ш.Зиязовим. Теоретичні й експериментальні значення згинальних моментів відрізняються на 4,4-10,2%.

При розрахунку масивних підпірних стінок вважаємо, що стінка своєю тильною стороною контактує з ґрунтовим масивом, який описується лінійно-деформівною чвертьплощиною або запропонованою автором комбінованою основою у вигляді шару Вінклера, що лежить на лінійно-деформівній чвертьплощині. У районі підшви пропонується модель ґрунту у вигляді лінійно-деформівної півплощини або комбінованої основи (вінклерівського шару на лінійно-деформівній півплощині), хоча в нашій постановці розв'язування задачі без особливого клопоту можуть бути застосовані й будь-які інші моделі. Для опису спільної роботи жорсткої підпірної стінки використовується змішаний спосіб будівельної механіки. Фіктивне затиснення вводиться на лівому або правому краях підшви підпірної стінки. Це дало можливість одночасно визначити вплив на роботу підпірної стінки ґрунтів основи й засипки. Для визначення невідомих (реактивних зусиль, кутів повороту й осідань фіктивного закладення) розв'язується система рівнянь.

Розроблений метод розрахунку дозволяє одночасно визначити тиск на задню грань підпірної стінки й по підшві фундаменту залежно від будь-яких видів переміщень. У всіх випадках епюри тиску ґрунту на вертикальну грань стінки й по її підшві мають криволінійний обрис. Отримані в результаті розрахунку жорсткої підпірної стінки епюри бічного тиску ґрунту залежно від різних переміщень стінки (горизонтального зсуву, повороту навколо верхньої або нижньої точок, осідання) узгоджуються з епюрами, отриманими З.В.Цагарелі, Г.К.Клейном, М.К.Снітком, О.Я.Будіним, П.П.Чоботарьовим, К.Терцагі, В.Кноупе й ін.

Автором визначені епюри бічного тиску ґрунту на жорстку підпірну стінку, що не зміщується, від різних привантажень, прикладених на поверхні ґрунту в межах і за межами призми обвалення. Для визначення НДС гнучкої підпірної стінки пропонується розрізати її в точці з'єднання вертикальної стінки з фундаментом на вертикальний і горизонтальний елементи. Кожен елемент розглядається як гнучка коротка смуга, що контактує із ґрунтом. Для розв'язування задачі використовуються табличні значення одиничних реактивних зусиль, кутів повороту й осідань, отримані автором при розрахунку коротких смуг і паль.

**У шостому розділі** розроблені розрахункові моделі прольотних будов автодорожніх мостів.

Пропонується прольотну будову розділити на ряд поздовжніх і поперечних суперелементів, тобто зробити дискретизацію прольотної будови (рис.3).

Ширину поперечних елементів зручно призначити рівної  $l_m$ . Поздовжні смуги повинні включати ребра головних несучих елементів і плиту проїзної частини. Завдання полягає в урахуванні спільної роботи поздовжніх і поперечних елементів. Нами пропонується поперечний елемент розраховувати як смугу на вінклерівській основі, використовуючи змішаний спосіб будівельної механіки, для чого вводиться фіктивне затиснення на лівому кінці поперечної смуги (рис. 4).

Якщо при розрахунку враховуються тільки вертикальні зусилля  $Z$ , то для визначення зусиль  $Z$ , кута повороту  $\varphi$  і прогину  $u$  досить рішення системи рівнянь, що за формою однакова з системою (1). Прогини поперечної смуги  $V_{ki}$  (2) визначаються як і при розрахунку коротких смуг на ґрунтовій основі. Величина  $u_{ki}$  (2) являє собою прогин поздовжнього елемента від одиничного розподіленого навантаження в тім перетині по довжині прольоту, де вирізаний поперечний елемент. Якщо врахувати крутні моменти, що діють на поздовжні елементи, то в систему (1) варто додати  $n$  рівнянь і врахувати відповідні переміщення в попередніх рівняннях ( $n$ - кількість поздовжніх елементів). При змінній жорсткості поперечного прогину  $V_{ki}$  варто визначати за формулою Максвелла-Мора.

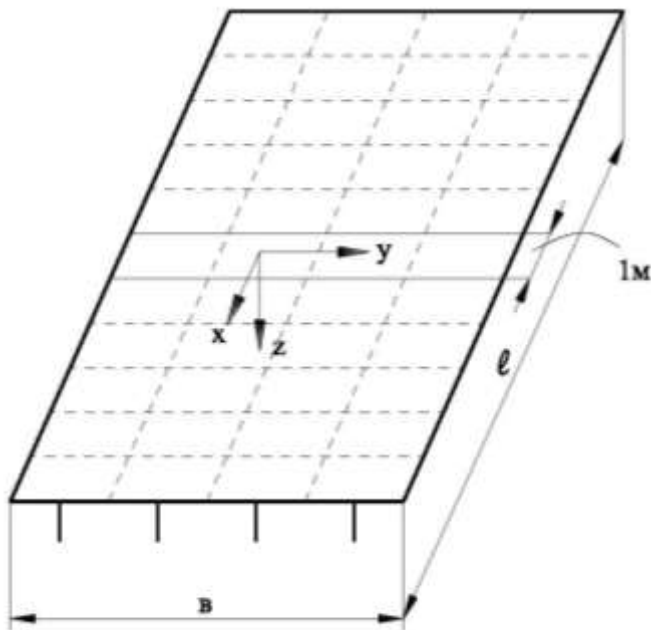


Рис. 3 Апроксимація прольотної будови скінченними суперелементами

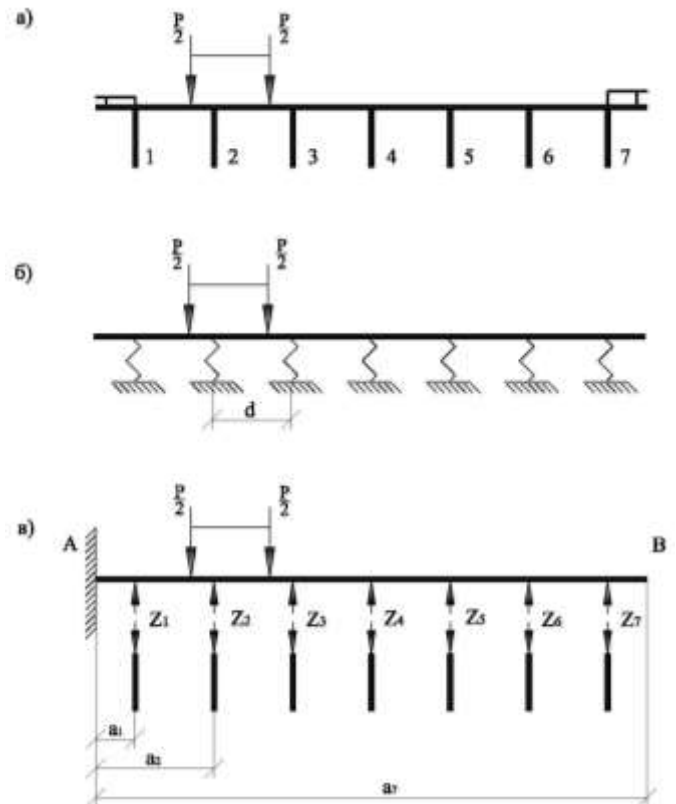


Рис. 4 Прольотна будова (а); розрахункова (б) та основна (в) схеми поперечного елемента

Аналізуючи систему рівнянь, можна зробити висновок, що кожне рівняння (крім рівнянь рівноваги) описує роботу одного поздовжнього елемента. Таким чином, запропонований метод розрахунку може бути застосований для будь-яких у конструктивному відношенні прольотних будов, елементи якого виконані з будь-якого матеріалу або комбінації матеріалів. При цьому кожен поздовжній елемент може мати величину прольоту й матеріал, відмінні від інших прольотних елементів.

Помноживши всі рівняння (крім рівнянь рівноваги) на величину  $l/y_{ki}$ , будуть отримані збільшені значення одиничних переміщень й інших коефіцієнтів при невідомих. В одиничні переміщення ввійде показник  $\alpha$ , що являє собою співвідношення жорсткості поперечних і поздовжніх елементів.

Якщо над кожним поздовжнім елементом розташувати рівномірно розподілене навантаження інтенсивністю  $q=l$ , і вирішити систему рівнянь, то будуть отримані ординати ліній впливу зусиль на поздовжні елементи й значення крутних моментів. Завантаживши лінії впливу зусиль тимчасовим навантаженням, можна визначити коефіцієнти поперечної установки (КПУ). Нами за допомогою ЕОМ складені бази даних ординат ліній впливу зусиль при різних значеннях  $\alpha$  (від нуля до 0,427) для кількості поздовжніх елементів у поперечному напрямку моста від 3 до 20, хоча не має труднощів при складанні таких таблиць або програм розрахунку на ЕОМ для будь-якої кількості поздовжніх елементів.

Наведено розрахункові моделі різних прольотних будов: залізобетонних плитних (збірних і монолітних), залізобетонних, металевих та сталобетонних балкових (розрізних, нерозрізних, балочно-консольних, косих, криволінійних й трапецієподібних у плані), плитних при їхньому точковому обпиранні на опори, рамних. Показано методику розрахунку дерев'яних поперечин, прогонів і балок, досліджена робота ортотропного металевого настилу.

Результати теоретичних розрахунків порівнювалися з експериментальними даними, отриманими на моделі прольотної будови з оргскла, виготовленої М.П.Лукиним, і при натурних випробуваннях плитних, балкових, рамних і сталезалізобетонних прольотних будов. Усі експерименти

проводилися при особистій участі автора. Отримано гарну збіжність результатів (наприклад, при випробуванні моделі експериментальні й теоретичні прогини відрізнялися в межах 0,9-7,9%). Наведено розрахункову схему для визначення НДС нерегулярних прольотних будов за усередненою схемою, для чого вводились наступні передумови: жорсткість при згині і жорсткість при крутінні поздовжніх елементів приймаються середніми; відстані між поздовжніми елементами приймаються середніми; при побудові лінії впливу зусиль ординати треба відкладати під місцями установки усереднених поздовжніх елементів.

Для перевірки цих положень було розраховано сталезалізобетонну прольотну будову шляхопроводу, випробуваного автомобілями «Шкода-706». Епюри експериментальних і теоретичних прогинів балок випробуваного моста ідентичні, коефіцієнти поперечної установки відрізнялися на 0,8-12,1%.

Досліджено питання про зміну КПУ по довжині прольоту балкових мостів. Дані розрахунку показали, що розподільна здатність прольотної будови по довжині прольоту міняється, однак значення КПУ від тимчасових навантажень міняється по довжині прольоту незначно, різко змінюючись на опорах. Це положення підтверджене даними випробування прольотної будови в натурі, проведеного співробітниками ХАДІ за участю автора. Прольотна будова завантажувалася автомобілями «Татра», а прогини головних балок замірялися в середині, у чвертях прольоту, а також на опорі.

Розглянуто питання про ширину плити проїзної частини, що вводиться в спільну з поперечним елементом роботу. Показано, що залежно від конструкції прольотної будови (від способу об'єднання збірних елементів між собою) плита може вводиться, а може й не вводиться в спільну роботу з діафрагмою або поперечною балкою, що підтверджується випробуваннями прольотної будови в натурі.

Проведено дослідження про вплив розриву діафрагм на розподільну здатність прольотної будови балкового моста.

Розроблено методику розрахунку прольотних будов з урахуванням деформацій гумових опорних частин й осідань опор.

Досліджено питання про вплив повзучості й нелінійних деформацій матеріалу на розподільну здатність балкових мостів. Установлено, що в результаті повзучості відбувається перерозподіл зусиль між головними балками, але величини максимальних згинальних моментів змінюються в межах точності розрахунку, прийнятої в мостах. Оскільки практично всі головні балки армовані однаково й мають однаковий поперечний переріз, на несучій здатності усієї прольотної будови це не позначається. Явище повзучості повинне бути враховане при розрахунку елементів прольотної будови на тріщиностійкість і за деформаціями. Розрахунок прольотних будов з урахуванням нелінійних деформацій проводиться шляхом ітерацій.

**У сьомому розділі** розроблено розрахункову модель для визначення НДС бар'єрних огорож на мостах і підходах до них. Горизонтальний брус розглядається як балка, що обпирається на стояки. При розв'язуванні задачі використовується змішаний спосіб будівельної механіки, для чого вводиться фіктивне затиснення на кінці горизонтального бруса. Невідомі визначаються шляхом розв'язування системи рівнянь, подібній до системи (1). Переміщення  $V_{ki}$  – це прогини бруса, а величини  $u_{ki}$  являють собою переміщення стояків. Наведено методику визначення зусиль при з'єднанні бруса зі стояками шарнірно або за допомогою демпфера. Аналіз даних розрахунку моделі огорожі, виготовленої В.Д.Коровниченко з оргскла, показує, що експериментальні й теоретичні епюри прогинів огорожі практично збігаються.

**Восьмий розділ** присвячено розрахунку прямокутних тунелів. Тунельну обробку пропонується розрізати у вузлах на окремі смуги, що дозволяє всі типи прямокутних обробок розраховувати за єдиною методикою. У районі лотка й ригеля можуть бути прийняті будь-які з моделей, розглянутих нами раніше, при розрахунку бічних стінок - моделі, що використовувалися нами при розрахунку підпірних стінок. Замість відкинутих зв'язків по кінцях смуг прикладаються додаткові зусилля: моменти, поперечні й поздовжні сили. Кінцеві моменти смуг визначаються з умови спільності деформацій (рівності кутів повороту в місцях розрізу смуг, що примикають одна до одної). При рішенні використовується змішаний спосіб будівельної механіки, для чого вводиться



фіктивні затиснення на кінцях смуг. При розрахунку лоткового елемента треба користуватися таблицями одиничних зусиль, кутів повороту й осідань фіктивного затиснення, складеними автором для розрахунку коротких смуг на ґрунтовій основі. Для полегшення розрахунків ригеля й бічних стінок за допомогою ЕОМ також складені таблиці одиничних реактивних зусиль, кутів повороту й осідань. Після визначення кінцевих моментів елементи тунельного обробка розглядаються як окремі смуги, навантажені зовнішніми навантаженнями й кінцевими зусиллями. Ця модель дозволяє розраховувати тунельні обробки без урахування спільної її роботи з ґрунтом і з урахуванням спільної роботи якого-небудь її елемента або всіх елементів з ґрунтом. При розрахунку елементів тунелю на комбінованій основі задача розв'язується методом ітерацій. Наведено результати розрахунку обробок, отриманих з застосуванням різних моделей ґрунту. Аналіз результатів розрахунку показав, що згинальні моменти в лотку зменшуються в 1,60 -2,32 рази в порівнянні з моментами, отриманими без урахування спільної роботи обробки з ґрунтом, у бічних стінках - зменшуються в 1,07-1,40 рази. У вузлах моменти можуть трохи збільшуватись або зменшуватись. Ці результати отримані без урахування сил тертя ґрунту по поверхні бічних стінок, які можуть бути значними, і без урахування загасання бічного тиску ґрунту від тимчасового навантаження по глибині масиву.

Досліджено питання про вплив на тунель однобічного привантаження. Показано, що при товщині засипки ґрунту над тунелем більше 70 см не буде бічного зсуву обробки, тобто при однобічній дії навантаження НК-80 на протилежну сторону обробки тиск передаватись не буде.

Наші досліди показали, що при будь-якій глибині закладення тунелю його можна розраховувати як систему, що має відносне заглиблення, рівне нулю або одиниці, що істотно скорочує таблиці реактивних зусиль, кутів повороту й осідань від одиничних зовнішніх впливів.

При розрахунку тунельної обробки зусилля в окремих смугах можна визначати, застосовуючи функціональні переривники, але в цьому випадку в районі всіх елементів модель ґрунту повинна бути прийнята у вигляді лінійно-деформівної півплощини або комбінованої основи, яка представляє собою вінклерівський шар на лінійно-деформівній півплощині, що не зовсім правильно буде відбивати роботу бічних стінок.

Теоретичні результати розрахунку порівнювалися з експериментальними даними, отриманими автором при випробуванні виготовленої ним металевої моделі тунелю, з даними випробування С.І.Мальгінова на залізобетонних моделях і даними натурних випробувань прямокутної залізобетонної труби, проведених П.М.Зелевичем. Розбіжності теоретичних та експериментальних даних склали: при випробуванні металевої моделі у величинах згинальних моментів - 5-30%; при випробуванні моделей С.І.Мальгіновим у величинах тиску ґрунту - 3-25%; при натурних випробуваннях труби П.М.Зелевичем у величинах тиску ґрунту - 3-13%, (тільки у двох точках експериментальні й теоретичні значення тисків відрізнялися на 23 й 48%).

**Дев'ятий розділ** містить основні положення розрахунку плоских і ребристих плит при різних умовах обпирання їхніх країв. Плити, як і прольотні будови, розбиваються на поздовжні й поперечні смуги. Поперечний елемент розглядається як смуга на вінклерівській основі. При розв'язуванні задач використовується змішаний спосіб будівельної механіки, для чого вводиться фіктивне затиснення на лівому кінці поперечної смуги. Для визначення невідомих треба розв'язати систему рівнянь, подібну до системи (1). Кількість рівнянь у системі міняється залежно від умов обпирання країв плити (наприклад, при затисненні лівого краю поперечної смуги кути повороту й прогини точки фіктивного затиснення дорівнюють нулю, що повинно бути враховано при складенні рівнянь). При визначенні прогинів поздовжніх елементів урахується вплив способів закріплення країв поперечної смуги шляхом уведення виведених автором коефіцієнтів. Наведені розрахункові моделі, які можуть бути застосовані і при визначенні плит змінної товщини й плит, що мають точкове обпирання на опори, косих і криволінійних у плані пластин.

Показаний практично точний збіг наших результатів з результатами розрахунку пластин по методом Б.Г.Гальоркіна, з результатами, наведеними в роботах С.П.Тимошенко, Д.В.Вайнберга, В.Л.Шадурського, Л.В.Семенця, і з даними натурних випробувань плитних прольотних будов.

**У розділі 10** представлені матеріали практичної реалізації результатів роботи.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Зроблено аналіз розрахунків різних інженерних споруд: тунельних обробок прямокутного обрису; жорстких і гнучких підпірних стінок; прольотних будов мостів; огорож на мостах і дорогах; пластин при різних умовах їхнього обпирання; фундаментів.
2. Створено розрахункові моделі коротких і довгих смуг на ґрунтовій основі, які базуються на аналітичних методах будівельної механіки, що дозволяє визначити НДС смуг у пружній стадії, з урахуванням миттєвих деформацій, деформацій повзучості залізобетону, пластичних деформацій у матеріалі смуг, реологічних процесів, що протікають у ґрунті, а також НДС смуг (балок) на просадочних і набухаючих ґрунтах.
3. Показано, що при урахуванні деформацій повзучості залізобетону згинальні моменти в смугах (балках) на ґрунтовій основі зменшуються на 13-30%.
4. Вивчено роботу смуг (балок) на ґрунтовій основі з урахуванням пластичних деформацій їхнього матеріалу. Установлено, що величини граничних зовнішніх навантажень, що діють на смугу, в значній мірі залежать від моделі ґрунту і повинні бути одержані від величини граничних деформацій.
5. Розроблено метод розрахунку вертикальних конструкцій (паль, жорстких і гнучких підпірних стінок, щілинних фундаментів) як балок (смуг) на запропонованій автором комбінованій основі у вигляді вінклерівського шару, що лежить на лінійно-деформівній чвертьплощині. Аналіз результатів розрахунку паль показав, що теоретичні згинальні моменти відрізняються від експериментальних на 4,4-20%.  
Запропоновано метод визначення бічного тиску ґрунту на підпірні стінки від привантажень на поверхні ґрунту, що змінюються за будь-яким законом і розташованих на будь-яких відстанях від тильної грані стінок.
6. Розроблено метод розрахунку прольотних будов будь-якої статичної схеми як у пружній стадії, так з урахуванням повзучості й нелінійних деформацій.  
Складено програму розрахунку прольотних будов; одержано базу даних ординат ліній впливу зусиль, що передаються на головні поздовжні елементи.  
Показано, що дані теоретичних розрахунків і натурних випробувань залізобетонних розрізних і нерозрізних, балочно-консольних, плитних, рамних, а також сталезалізобетонних прольотних будов співпадають.
7. Запропоновано єдиний метод розрахунку огорож бар'єрного типу на мостах і насипах підходів. Показано непогану збіжність теоретичних результатів і даних випробувань на моделі.
8. Розроблено універсальний метод розрахунку всіх типів прямокутних обробок тунелів з урахуванням їхньої спільної роботи з ґрунтом.  
Аналіз наших експериментів і натурних експериментів інших авторів показав задовільну збіжність даних випробувань і теоретичних розрахунків, що говорить про ефективність застосування запропонованого методу розрахунку прямокутних обробок.
9. Розроблено єдиний метод розрахунку ізотропних й анізотропних плоских і ребристих пластин з різними умовами обпирання їхніх країв, тобто пластин, що мають різні граничні умови й навантажених будь-яким зовнішніми зусиллями.  
Показано практично точне співпадання наших даних з результатами розрахунку за іншими теоріями.  
Запропонований метод дозволяє розраховувати прямі, трапецієподібні, косі й криволінійні пластини як у пружній стадії, так і з урахуванням повзучості.
10. Результати роботи впроваджені при розробці конструкцій фундаментів, підпірних стінок, дорожнього одягу і при реконструкції прольотних будов мостів.

### Основний зміст дисертації наведений у таких публікаціях:

1. Кожушко В.П. Влияние ґрунтового массива на напряженное состояние прямоугольной обделки тоннелей мелкого заложения // Основания, ф-ты и мех. ґрунтов.- 1972.- № 1.- С. 27-28.
2. Кожушко В.П. Дослідження тунелів мілкового закладення // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник, 1972.- Вип. 9.- С. 133-140.

3. Кожушко В.П. Определение давления грунта от эксплуатационной нагрузки на подземные сооружения мелкого заложения // Сопروتивление материалов и теория сооружений.- К.: Будівельник, 1972.- Вып. XVII.- С. 121-126.
4. Кожушко В.П. Некоторые результаты испытания модели тоннельной обделки прямоугольного сечения // Изв. вузов. Стр-во и архитектура.- 1972.- № 10.- С.133-136.
5. Кожушко В.П. Розрахунок підземних споруд прямокутного перерізу з урахуванням обпирання перекриття на пружну основу // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник,1972.- Вип. 11.- С. 110-114.
6. Кожушко В.П. Определение изгибающих моментов в прямоугольной обделке тоннелей мелкого заложения // Основания и фундаменты.- К.: Будівельник, 1973.- С. 41-47.
7. Кожушко В.П. Розрахунок прямокутних підземних споруд як рам на двошаровій пружній основі // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник, 1974.- Вип. 15.- С.146-151.
8. Кожушко В.П. Вплив глибини закладення тунелю на розподіл зусиль в тунельній оправі // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник, 1975.- Вип. 17.- С. 110-114.
9. Кожушко В.П. До питання розрахунку підземних споруд із защемленими бічними стінками // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник, 1977.- Вип. 20.- С. 89-91.
10. Кожушко В.П. Расчет шарнирно-сочлененных балок на комбинированном основании // Основания и фундаменты.- К.: Будівельник, 1979.-Вып. 12.- С. 39-44.
11. Кожушко В.П. Расчет пролетных строений балочных мостов разрезной системы // Сопротивление материалов и теория сооружений.- К.:Будівельник, 1980.- Вып. 36.- С. 118-122.
12. Кожушко В.П. Расчет бесконечных и полубесконечных полос на комбинированном основании // Изв. вузов. Стр-во и архитектура.- 1980.- № 9.- С. 42-45.
13. Кожушко В.П. Расчет свай как балок на линейно-деформируемой четвертьплощине // Изв. вузов. Стр-во и архитектура.- 1982.- № 3.- С.60-63.
14. Кожушко В.П. Расчет неразрезных балочных мостов регулярной и нерегулярной систем на временную нагрузку // Изв. вузов. Стр-во и архитектура.- 1982.- № 5.- С. 118-121.
15. Кожушко В.П. Розрахунок щільних фундаментів як стрічок на лінійно-деформівній четвертьплощині // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник, 1983.- Вип. 32.- С. 67-75.
16. Коровниченко В.Д., Кожушко В.П. Расчет жестких ограждений на мостах // Изв. вузов. Стр-во и архитектура.- 1984.- № 8.- С. 121-124.
- 17.Кожушко В.П. Шарнирно-сочлененные балки на линейно-деформируемом слое конечной мощности переменной податливости // Изв. вузов. Стр-во и архитектура.- 1985.- № 3.- С.32-36.
18. Кожушко В.П. Основні показники розрахунку балок (стрічок) на комбінованій пружній основі при обпиранні їх на одну опору // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник, 1985.- Вип. 36.- С. 77-80.
19. Кожушко В.П. К вопросу расчета длинных и ступенчатых полос на линейно-деформируемом слое конечной толщины переменной податливости // Основания и фундаменты.- К.: Будівельник, 1985.- Вып. 18.- С. 31-34.
20. Пропуск сверхнормативных нагрузок по автодорожным мостам / Н.П.Лукин, В.П.Кожушко, А.С.Лозицкий, В.В.Бондаренко // Обзорная информация " Автомобильные дороги ".- М.: ОИ ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1986.- Вып. 2.- 62 с.
21. Кожушко В.П. Основы расчета полос на комбинированном упругом основании при опирании их на сосредоточенные опоры // Изв. вузов. Стр-во и архитектура.- 1986.- № 4.- С. 17-21.
22. Кожушко В.П. До розрахунку балочно-консольних прогінних будов на тимчасове навантаження // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник, 1985.- Вип. 37.- С. 56-60.
23. Кожушко В.П. О расчете рамных мостов на временную нагрузку // Изв. вузов. Стр-во и архитектура.- 1987.- № 4.- С. 108-112.
24. Кожушко В.П., Лозицкий А.С. Про розподільну здатність деяких балочних прольотних будов реконструйованих мостів // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник, 1987.- Вип. 41.- С. 59-62.
25. Кожушко В.П. Про розрахунок стрічок на лінійно-деформівному шарі скінченної товщини при одночасовому обпиранні їх на зосереджені опори з урахуванням осідання опор // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник, 1988.- Вип. 42.- С. 79-84.

26. Кожушко В.П., Лукин Н.П., Лозицкий А.С., Остапов М.Ю. О работе плитных пролетных строений при воздействии временных нагрузок // Изв. вузов. Стр-во и архитектура.- 1989.- № 7.- С. 109-111.
27. Кожушко В.П. Щодо розрахунку довгих балок на лінійно-деформівному напівпросторі // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник. 1990.- Вип. 46.- С. 54-61.
28. Кожушко В.П. Расчет инженерных конструкций на линейно-деформируемом слое конечной толщины: Учебное пособие.- К.: УМК ВО, 1990.- 108 с.
29. Кожушко В.П. До розрахунку коротких балок на лінійно-деформівному напівпросторі.- К.: Будівельник, 1990.- Вип.. 47.- С. 37-44.
30. Кожушко В.П. Некоторые вопросы распределительной способности пролетных строений балочных разрезных мостов // Изв. вузов. Стр-во и архитектура.- 1991.- № 8.- С. 99-102.
31. Кожушко В.П. Деякі питання розрахунку прольотних будов мостів, трапецеїдальних у плані // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник, 1993.- Вип.51.- С. 102-107.
32. Кожушко В.П. Расчет балочных пролетных строений мостов, кривых в плане // Вестник Харьк. гос. автомобильно-дорожного ун-та.- Харьков: ХГАДТУ, 1996.- Вып. 4.- С. 31-34.
33. Кожушко В.П. О расчете плитных пролетных строений при точечном опирании их на опоры // Вестник Харьк. гос. автомобильно-дорожного ун-та.- Харьков: ХГАДТУ, 1998.- Вып. 8.- С. 54-56.
34. Кожушко В.П. Деякі особливості роботи косих прольотних будов балкових мостів розрізної системи // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник, 1998.- Вип. 56.- С. 107-114.
35. Кожушко В.П. Анализ работы главных балок некоторых разрезных балочных мостов при изменении поперечной жесткости пролетных строений // Вестник ХГАДТУ.- Харьков: ХГАДТУ, 2000.- Вып. 12-13.- С. 127-131.
36. Кожушко В.П. Определение перемещений ступенчатых балок на упруго-оседающих опорах // Науковий вісник буд-ва.- Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2002.- Вип.. 17.- С. 146-150.
37. Кожушко В.П., Биндюг С.А. Определение внутренних усилий в монолитных плитных пролетных строениях при шарнирном опирании на опоры // Вестник Харьк. гос. автомобильно-дорожного ун-та.- Харьков: ХНАДУ, 2002.- Вып. 17.- С.75-78.
38. Кожушко В.П., Биндюг С.А. Розрахунок нескінченних консольних смуг // Автом. дороги і дор. буд-во.- К.: Будівельник, 2002.- Вип. 64.- С. 125-127.
39. Кожушко В.П. Определение перемещений ступенчатых балок от единичных моментов // Науковий вісник буд-ва.- Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2002.- Вип. 18.- С. 73-76.
40. Кожушко В.П. Расчет балок на грунтовом основании с учетом нелинейности деформирования железобетона // Науковий вісник буд-ва.- Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2002.- Вип. 19.- С. 34-38.
41. Кожушко В.П. Расчет полос на упругом основании за пределом упругости // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета.- Харьков: ХНАДУ, 2002.- Вып. 19.- С. 145-150.
42. Кожушко В.П., Хабаров В.О. Определение реактивных давлений грунта с помощью линий влияния реактивных усилий // Коммунальное хоз-во городов. Серия: Технические науки и архитектура.- К.: Техніка, 2002.- Вып. 45.- С. 216-222.
43. Кожушко В.П. Определение углов поворота и осадок полос (балок) на линейно-деформируемом основании по линиям влияния // Науковий вісник буд-ва.- Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2003.- Вип.. 20.- С. 252-257.
44. Кожушко В.П., Лысяков И.Н. Определение единичных реактивных усилий в полосах на грунтовом основании по эмпирическим формулам // Коммунальное хо-во городов. Серия: Технические науки и архитектура.- К.: Техніка.- 2003.- Вып. 47.- С. 44-49.
45. Кожушко В.П. Определение внутренних усилий в полосах на линейно-деформируемом основании по линиям влияния // Вісник Сумського державного аграрного університету. Серія: Будівництво.- Суми: Сумське вид-во " Корпункт ", 2002.- Вип.. 8.- С. 79-85.
46. Кожушко В.П. Определение внутренних усилий в сборных разрезных плитных пролетных строениях от временных нагрузок // Вестник ХНАДУ.- Харьков: ХНАДУ, 2003.- Вып. 20.- С.109-112.

47. Кожушко В.П. Розподільна спроможність металевої прольотної будови балкових мостів // Будівництво України.- 2003.- № 5.- С.18-20.
48. Кожушко В.П. Определение усилий от временных нагрузок в металлической ортотропной плите проезжей части мостов // Вестник ХНАДУ.- Харьков: ХНАДУ, 2003.- Вып. 21.- С. 86-88.
49. Кожушко В.П. Расчет фундаментов на набухающих грунтах // Науковий вісник буд-ва.- Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2004.- Вип. 27.- С. 40-48.
50. Кожушко В.П. Определение усилий от временных нагрузок в поперечинах автодорожных деревянных мостов // Науковий вісник буд-ва.- Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2004.- Вип. 28.- С. 91-97.
51. Кожушко В.П. Расчет фундаментов на просадочных грунтах // Коммунальное хоз-во городов. Серия: Технические науки.- К.: Техніка, 2004.- Вып. 55.- С. 298-306.
52. Кожушко В.П. Определение усилий от временных нагрузок в прогонах автодорожных деревянных мостов // Вестник ХНАДУ.- Харьков: ХНАДУ, 2004.- Вып. 25.- С. 104-107.
53. Кожушко В.П. Расчет фундаментов на набухающих грунтах с учетом реологических процессов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета.- Харьков: ХНАДУ, 2004.- Вып. 26.- С. 56-60.
54. Кожушко В.П. Расчет пролетных строений при введении фиктивной заделки в плоскости установки крайнего несущего элемента // Вестник ХНАДУ.- Харьков: ХНАДУ, 2005.- Вып. 30.- С. 229-232.
55. Кожушко В.П. Расчет пролетных строений автодорожных мостов при особых условиях их работы // Вестник ХНАДУ.- Харьков: ХНАДУ, 2005.- Вып. 31.- С. 63-67.
56. Кожушко В.П. Расчет полос (балок) на грунтовом основании при одновременном их опирании на опоры // Науковий вісник буд-ва.- Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2005.- Вип. 34.- С. 71-77.

#### АНОТАЦІЯ

Кожушко Віталій Петрович. Моделювання споруд на автомобільних дорогах для оцінки їх напружено-деформованого стану. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01-будівельні конструкції, будівлі та споруди.- Українська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2007.

Робота присвячена розробці розрахункових моделей конструкцій, що контактують і не контактують з ґрунтом, з урахуванням особливостей деформування матеріалу, повзучості, реологічних процесів, що проходять у ґрунті, і експериментальній перевірці теоретичних положень.

Розроблені комбіновані моделі ґрунту у вигляді вінклерівського шару на лінійно - деформівній півплощині й на лінійно - деформівній чвертьплощині.

На основі цих моделей проаналізована робота різних тунельних обробок прямокутного обрису з урахуванням спільної їх роботи з ґрунтом.

Розроблено метод розрахунку довгих смуг і балок (півнескінченних, нескінченних, шарнірно – з'єднаних і ступінчатих) на ґрунтовій основі, описуваний різними моделями.

Розроблено метод розрахунку жорстких і гнучких підпірних стінок з використанням комбінованої й інших моделей ґрунту.

Показана можливість використання методу розрахунку смуг на пружній вінклерівській основі для розрахунку огорож на мостах і дорогах, прольотних будов і плит перекриттів.

Розроблено метод розрахунку фундаментів на просадочних і набухаючих ґрунтах, у тому числі й з урахуванням реологічних процесів.

Проаналізовано роботу балкових плитних, плитно-ребристих і ребристих прольотних будов мостів при різних дефектах будівництва або експлуатації.

Розроблено метод розрахунку тонких пластин без ребер або підкріплених ребрами при різних граничних умовах.

Розроблено метод розрахунку смуг з урахуванням нелінійності роботи залізобетону й прольотних будов при урахуванні повзучості.

Показано можливість використання усереднених схем при розрахунку нерегулярних прольотних будов.

Запропоновано методику розрахунку дерев'яних прольотних будов та ортотропного настилу металевих прольотних будов.

Складено програми розрахунку прольотних будов і фундаментів.

Складено таблиці реактивних зусиль, кутів повороту й осідань фіктивного затиснення коротких балок при впливі на них одиничних зосереджених сил, зосереджених моментів, а також однобічних або двобічних пригрузок інтенсивністю  $q=1$ . Таблиці складені для різних моделей ґрунту: вінклерівської основи, лінійно-деформівної півплощини й півпростору, лінійно-деформівного шару скінченної товщини й комбінованої основи у вигляді шару Вінклера, що лежить на лінійно-деформівній півплощині. Аналогічні таблиці складені для вертикальних смуг, що контактують із лінійно-деформівною чвертьплощиною. Бази даних для вертикальних смуг складені при різних глибинах розташування нижнього їхнього кінця.

Використовуючи табличні одиничні величини, визначаються за виведеними автором перевідними формулами дійсні значення реактивних тисків, кутів повороту й осідань від реальних зовнішніх навантажень

Наведено численні приклади розрахунку, у яких зроблене порівняння теоретичних й експериментальних даних, отриманих автором й іншими дослідниками.

Ключові слова: бар'єрна огорож, ґрунтова основа, довга смуга, жорстка і гнучка підпірні стінки, коротка смуга, нелінійна деформація, повзучість, прольотна будова моста, розрахункова модель, змішаний метод розрахунку, тунелі прямокутного обрису, функціональні переривники.

#### АННОТАЦІЯ

Кожушко Віталій Петрович Моделирование сооружений на автомобильных дорогах для оценки их напряженно деформированного состояния - Рукопись

Диссертация на соискания ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.01-строительные конструкции, здания и сооружения.- Украинская государственная академия железнодорожного транспорта. Харьков, 2007.

Работа посвящена разработке расчетных моделей конструкций, контактирующих и не контактирующих с грунтом, с учетом особенностей деформирования материала, ползучести, реологических процессов, проходящих в грунте, и экспериментальной проверке теоретических положений.

Разработаны комбинированные модели грунта в виде винклеровского слоя на линейно – деформируемой полуплоскости и на линейно - деформируемой четвертьплоскости.

На основании этих моделей проанализирована работа различных тоннельных обделок прямоугольного очертания с учетом совместной их работы с грунтом.

Разработан метод расчета длинных полос и балок (полубесконечных, бесконечных, шарнирно - сочлененных и ступенчатых) на грунтовом основании, описываемом различными моделями.

Разработан метод расчета жестких и гибких подпорных стенок с использованием комбинированной и других моделей грунта.

Показана возможность использования метода расчета полос на упругом винклеровском основании для расчета ограждений на мостах и дорогах, пролетных строений и плит перекрытий.

Разработан метод расчета фундаментов на просадочных и набухающих грунтах, в том числе и с учетом реологических процессов.

Проанализирована работа балочных плитных, плитно-ребристых и ребристых пролётных строений мостов при различных дефектах строительства или эксплуатации.

Разработан метод расчета тонких пластин без ребер или подкрепленных ребрами при различных граничных условиях.

Разработан метод расчета полос с учетом нелинейности работы железобетона и пролетных строений при учете ползучести.

Показана возможность использования усредненных схем при расчете нерегулярных пролетных строений.

Предложена методика расчета деревянных пролетных строений и ортотропного настила металлических пролетных строений.

Составлены программы расчета пролетных строений и фундаментов.

Составлены таблицы реактивных усилий, углов поворота и осадок фиктивного защемления коротких балок при воздействии на них единичных сосредоточенных сил, сосредоточенных моментов, а также односторонних или двухсторонних пригрузок интенсивностью  $q=l$ . Таблицы составлены для различных моделей грунта: винклеровского основания, линейно–деформируемых полуплоскости и полупространства, линейно - деформируемой слоя конечной толщины и комбинированного основания в виде слоя Винклера, лежащего на линейно – деформируемой полуплоскости. Аналогичные таблицы составлены для вертикальных полос, контактирующих с линейно – деформируемой четвертьплоскостью. Таблицы для вертикальных полос составлены при различных глубинах расположения нижнего их конца.

Используя табличные единичные величины, определяются по выведенным автором переводным формулам истинные значения таблицы реактивных давлений, углов поворота и осадок от реальных внешних нагрузок

Приведены многочисленные примеры расчета, в которых произведено сравнение теоретических и экспериментальных данных, полученных автором и другими исследователями.

Ключевые слова: барьерное ограждение, грунтовое основание, длинная полоса, жесткая и гибкая подпорные стенки, короткая полоса, нелинейная деформация, ползучесть, пролетное строение моста, расчетная модель, смешанный метод расчета, тоннели прямоугольного очертания, функциональные прерыватели.

#### ABSTRACT

Kozhushko Vitaly Petrovich. Construction modeling on highways for estimation their stress deformed state.- Manuscript .

Thesis on competition of a scientific degree of the doctor of engineering science on a speciality 05.23.01 - building constructions, buildings and structures. Ukrainian National Academy of Railway Transport. Kharkov, 2007.

The thesis is devoted to the development of calculation models of different constructions that come and do not come in contact with the soil, taking into account specific properties of material deformation, soil creep, rheology processes, that take place in the earth and experimental check of theoretical statements. Mixed soil models in the form of Winkler layer in linear-deformation half-plane and on linear-deformation quarter-half-plane have been developed.

On the basis of these models the work of different tunnel linings of rectangle contour with the account of their contact with soil has been analyzed.

The method of long strips and beam design (semi-infinite, infinite, hinge-joined and stage ones) on the soil surface, described by different models has been developed.

The design method of rigid and flexible strutting walls with the use of mixed and other soil models has been developed.

The possibility of strip design method use on rigid Winkler basis for barriers guard design on bridges and highways, span structures and floor slabs has been shown.

The method of foundation design on slump and swelling soil taking into account rheology processes has been developed.

The work of beam, plate, plate-arris and arris span structures of bridges at different construction defects or operation has been analysed.

The method of design for thin plates without arrises or stiffened by arrises at different bordering states has been developed.

The method of strip design with account of reinforced concrete work non-linearity and span structures allowing soil creep has been developed.

The possibility of the use of average schemes when designing of irregular span structures has been presented.

The method of design for wood span structures and orthotropic deck plating of span structures has been offered.

The programs of design for span structures and foundations have been drawn up.

Key words: barrier, soil foundation, long strip, rigid and flexible, strutting walls, shat strip, non-linear deformation, soil creep, span bridge structure, design model, mixed design method, rectangle contour tunnels, functional interruptions.