

Юрій Олександрович Ландау

УДК 627.824

Нові конструктивні рішення
бетонних гребель

Спеціальність 05.23.01 - будівельні
конструкції, будівлі та споруди

Автореферат дисертації
на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук

Ландау

Харків
1997 р.



Ав 39.557

Робота виконана в ВАТ "Укргідропроект"

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор Кирилов Олександр Петрович,
керівник НДЦбудматеріалів
ВНДІ залізобетону Держбуду Росії,

доктор технічних наук,
професор Стороженко Леонід Іванович,
професор кафедри
Полтавського технічного університету,

доктор технічних наук,
професор Шагін Олександр Львович,
завідуючий кафедрою залізобетонних
конструкцій Харківського державного
технічного університету будівництва і
архітектури

Провідна установа: Українська державна академія водного господарства,
кафедра гідротехнічних споруд (м.Рівне)

Захист відбудеться " 5 " жовтня 1998 р., о 14 годині
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д02.15.05 Харківської державної
академії залізничного транспорту за адресою: 310050, м.Харків,
пл.Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Харківської державної
академії залізничного транспорту за адресою: 310050, м.Харків,
пл.Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий "26 " грудня 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, канд. техн. наук, доцент

Є.М.Єрмак

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ. Необхідність більш повного використання джерел енергії, які відновлюються, в першу чергу освоєння високоефективних гідроенергоресурсів, різке збільшення потреби у воді на водопостачання, зрошення визивають у всьому світі інтенсивне будівництво водосховищ, для чого широко застосовуються бетонні греблі, які будуються в складних природних умовах, включаючи несприятливі геологічні і суворі кліматичні умови, високу сейсмічність.

В Україні, Росії та других країнах СНД побудовані бетонні греблі різних типів, включаючи гравітаційні, чарункуваті, комбіновані, аркові, арково-гравітаційні.

Економічно ефективний гідроенергетичний потенціал України використаний на 50%, що нижче, ніж в багатьох країнах Європи, наприклад, у Франції, Італії, Швеції цей показник складає від 65 до 90%.

У схваленій Міненерго України програмі розвитку гідроенергетики до 2010 р. передбачається будівництво ГЕС, у тому числі з бетонними греблями на ріках Тиса, Дністер і ін. Широкий розвиток також одержить будівництво малих ГЕС, ефективність яких підтверджує досвід країн Західної Європи, США, Китаю.

Організації Міненерго України також приймають участь у проектуванні і будівництві ряду ГЕС з бетонними греблями в Китаї, В'єтнамі, Мексиці, Індії, Бразилії та інших країнах.

Аналіз досвіду світового греблебудування показує, що застосування в останні десятиріччя нових конструктивно-технологічних вирішень бетонних гребель, включаючи використання технології укованого бетону, дозволило підвищити їх ефективність. Будівництво бетонних гребель потребує великих капіталовкладень та ресурсів. Тому, незважаючи на відомі досягнення в бетонному греблебудуванні, актуальною проблемою є розробка і впровадження рішень, забезпечуючих високу економічність, надійність, зниження термінів будівництва.

МЕТОЮ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ є розробка і обґрунтування нових конструктивних рішень бетонних гребель з забезпеченням високоефективних процесів спорудження, спрямованих на підвищення економічної ефективності і експлуатаційної надійності. Для реалізації поставленої мети вирішувались основні задачі:

- розробки і обґрунтування нових конструкцій гравітаційних, аркових, чарункуватих та комбінованих гребель;

- розробки і обґрунтування нових рішень спряження бетонних гребель із скельовою основою;

- розробки розрахункових моделей, методики розрахунку і дослідження напружено-деформованого стану нових конструкцій гравітаційних гребель із укочуваного бетону, з бетонним понуром, при нарощуванні за новим способом, складеної аркової греблі, чарункуватих споруд;

- розробки технології зведення і дослідження економічної ефективності нових конструкцій гравітаційних гребель і складеної арочної греблі із укочуваного бетону, чарункуватих споруд із плит, нарощування гребель за новим способом;

- узагальнення результатів комплексних досліджень з розробкою практичних рекомендацій та їх впровадженню в практику проектування та будівництва.

ЗВ'ЯЗОК РОБОТИ З НАУКОВИМИ ПЛАНАМИ. Робота виконувалась у відповідності до програми розвитку гідроенергетики "Національної енергетичної програми України до 2010 р.", планом 28.5т робіт за участю в будівництві ГЕС за кордоном ДПЗД "Укрінтеренерго" Міненерго України і планом науково-дослідних та проектних робіт Укргідропроєкту для ГЕС з бетонними греблями в Україні і за кордоном.

НАУКОВА НОВИЗНА одержаних результатів являє собою розробку способів управління напружено-деформованого стану бетонних гребель різних типів для задачі вирішення ефективного використання конструктивних властивостей матеріалів гребель при забезпеченні раціональної технології зведення, що реалізується за трьома основними напрямками:

- розробка нових конструктивних рішень гравітаційних аркових, комбінованих, чарункуватих гребель, спряження гребель з основою, що підтверджується 28 авторськими свідоцтвами на винахід;

- розробка раціональних технологій зведення нових конструкцій гравітаційних і аркових гребель, які удосконалюють технологію укочуваного бетону, чарункуватих споруд і нового способу поетапного зведення гребель;

- обґрунтування ефективності нових рішень гребель і надійності їх роботи на основі розроблених розрахункових моделей, методик розрахунків і досліджень напружено-деформованого стану з урахуванням їх конструктивної нелінійності (незамолічувані шви, порожнини), спільної роботи конструктивних елементів із різних матеріалів з використанням методу кінцевих

елементів і теорії складених балок.

Виконаними дослідженнями обґрунтована можливість ефективного використання властивостей матеріалів в нових рішеннях гребель, що створює наукову основу для подальшого удосконалення і підвищення ефективності бетонного греблебудування.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ одержаних результатів містить в собі вирішення проблеми підвищення ефективності бетонних гребель з розробкою практичних рекомендацій, що дозволило:

- запровадити нові конструктивно-технологічні рішення стоянів в практику на будівництві Канівської ГЕС (економія-еквівалент 290 тис.дол.США), перемичок на будівництві Олександрівського гідровузла на р. П.Буг (економія-еквівалент 160 тис.дол.США);

- застосувати нові рішення в проектах Укргідропроекта при проектуванні вітчизняних та закордонних гідровузлів: Костянтинівського гідровузла з арковою греблею висотою 60 м, гідровузла Гуанінге в Китаї з греблею із укочуваного бетону висотою 88 м, гідровузла Чоншенхе в Китаї з нарощуванням греблі з 40 м до 123 м (економія 8 млн.дол.США), ГЕС Майя в Бразилії з високою арковою греблею і ін.;

- проектувати чарункуваті плитні конструкції з оптимальними параметрами і рекомендувати їх застосування для стоянів гідровузлів, споруд малих ГЕС, водогосподарчих гідровузлів, огороджуючих споруд верхових водоймищ ГАЕС;

- використовувати одержані рекомендації по розрахунку чарункуватих конструкцій в БНІП 11-55-79 "Підпірні стіни, шлюзи і рибозахисні споруди";

- рекомендувати нові конструктивно-технологічні рішення гребель і спряження їх із скельовою основою для практичного застосування на перспективних гідровузлах з високими гравітаційними і арковими греблями із укочуваного бетону;

- забезпечити можливість впровадження технології укочуваного бетону в аркових греблях і розширити зону її застосування в гравітаційних греблях;

- дати початок новому напрямку в поетапному будівництві і нарощуванні бетонних гребель.

Новизна розроблених конструкцій гребель, технології їх зведення і нарощування, забезпечуючи скорочення вартості, термінів будівництва і в цілому інвестиційного циклу, дозволяє підвищити конкурентноздатність бетонних гребель, їх ефективність

і надійність.

Від запровадження результатів виконаних розробок в практику будівництва одержано значний економічний ефект, а реалізація в подальшому нових ефективних розробок буде сприяти удосконаленню бетонних гребель, підвищенню їх технологічності, економічності і надійності, що має важливе народногосподарче значення.

ОСОБЛИВИЙ ВНЕСОК ЗДОБУВАЧА. Автор був керівником і відповідальним виконавцем виконаних розробок, які засновані на нових рішеннях. В роботах, опублікованих у співаторстві, йому належать основні ідеї конструктивно-технологічних рішень, методології досліджень, аналіз і узагальнення наукових результатів.

При впровадженні нових розробок в проекти, проведенні досліджень і розрахунків в роботі брали участь разом з автором спеціалісти Укргідропроєкту: канд.техн.наук О.І.Вайнберг, інж.: Л.Л.Левицький, С.Г.Сидоренко, О.В.Дроботенко та ін.

АПРОВАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ. Результати роботи доповідались на Республіканських, Всесоюзних нарадах, а також на Міжнародних симпозиумах, зокрема вони апробувались на:

- Всесоюзних нарадах по застосуванню збірного залізобетону в гідротехнічних спорудах, 1965, м.Київ;

- Всесоюзній координаційній нараді за граничними станами гідротехнічних споруд, 1968;

- 2,3 та 5 науково-технічних конференціях і нарадах Гідропроєкту, 1972-1987, м.Москва;

- Всесоюзній науково-технічній нараді "Стан і перспективи розвитку гідроенергетики. Науково-технічний прогрес в проектуванні і будівництві найважливіших гідроенергетичних об'єктів", 1988, м.Черьомушки;

- Всесоюзній науково-технічній нараді "Досвід проектування і контроль надійності експлуатації бетонних гідротехнічних споруд", 1989, м.Кара-Куль;

- Міжнароднім симпозиумі з гребель із укочуваного бетону в КНР, 1991, м.Пекін;

- Міжнароднім симпозиумі з аروحних гребель в КНР, 1992, м.Нанкін.

ПУБЛІКАЦІЇ. По темі дисертації автором опубліковано 42 роботи у вітчизняних та зарубіжних виданнях, в тому числі монографія у видавництві "Валкети", 4 статті в наукових журналах і матеріалах міжнародних симпозиумів, 7 статей в збірниках наукових праць і БНІП, 2 - в тезах доповідей, 28 авторських

свідочств.

ОБСЯГ І СТРУКТУРА РОБОТИ. Дисертація складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатку. Повний обсяг дисертації 284 стор. у тому числі обсяг ілюстрацій 79 стор., таблиць - 14 стор., додатку - 5 стор.

Список використаних джерел складає 220 найменувань.

ПРОБЛЕМИ БУДІВНИЦТВА БЕТОННИХ ГРЕБЕЛЬ.

Аналіз сучасних тенденцій будівництва бетонних гребель показує, що удосконалення конструктивно-технологічних рішень гребель йде за двома основними напрямками:

шляхом розробки масивних конструкцій простої форми, і цим досягається максимальне спрощення технології зведення;

за рахунок розробки тонкостінних конструкцій складної форми із зниженням обсягу і більш повним використанням міцнісних характеристик бетону, а також застосуванням збірних елементів. Хоча перший напрямок одержує явний пріоритет, однак обидва ці напрямки, розвиваючись, доповнюючи один одного, забезпечують удосконалення бетонних гребель. Великий вклад в розвиток будівництва бетонних гребель внесли А.Коін, К.Семенца, К.Марчелло, С.О.Березинський, А.Б.Васильєв, П.І.Васильєв, М.І.Гришин, Т.П.Доценко, Л.А.Золотов, Н.О.Малишев, А.Н.Марчук, Ю.Б.Мгалобелов, О.Б.Кирилов, К.К.Кузьмин, В.Д.Новоженін, Н.Б.Розанов, Н.С.Розанов, І.Б.Соколов, А.В.Швецов та інші.

Розвиток обчислювальної техніки та чисельних методів вирішення задач механіки деформованих тіл дозволили уточнити розрахункові моделі і дослідити напружено-деформований стан споруд з урахуванням конструктивно-технологічних особливостей, включаючи порушення суцільності, поетапність зведення і завантаження і ін. Питання розрахункового обґрунтування бетонних гребель і інженерних конструкцій розглядаються в роботах Д.Аргіроса, О.І.Вайнберга, Л.А.Гордола, А.А.Готліба, Л.І.Детловського, О.П.Кричевського, А.Л.Можевітінова, В.Г.Орехова, Л.Р.Ржаніцина, Л.А.Розіна, О.А.Савінова, С.В.Соколовського, Л.І.Стороженка, Л.П.Траппезникова, Л.М.Фомиці, А.О.Храпкова, О.Л.Шагіна, О.В.Шимановського та інших.

Впровадження в практику будівництва технології укованого бетону, що застосовується з початку 80-х років, і яка дозволяє об'єднати відомі переваги бетонних гребель з технологією, швидкісними методами зведення гребель із ґрунтових матеріалів і одночасно ефективно розв'язати задачу відведення тепла екзотермії, значно підвищило їх конкурентноздатність. Нова

технологія включає також досягнення і досвід дорожнього будівництва та будівництва аеродромів, де широко застосовуються малоцементні бетонні суміші, укочувані котками. За короткий термін ця технологія одержала стрімкий розвиток, чому сприяли роботи В.Валінгфорда, Д.Рафаеля, Моффета, А.Т.Ригардсона, М.П.Дунстина, В.Е.Федосова, В.С.Шангіна та інших. Досвід будівництва та експлуатації гребель із укочуваного бетону, а їх до 1997 р. побудовано більш 200, свідчить про їх надійність і відсутність істотних недоліків, забезпечує підвищення ефективності бетонних гребель.

У практиці будівництва найбільш широко застосовуються греблі із укочуваного бетону з улаштуванням верхової зони із вібраційного бетону із поперечною схемою зведення, яка засновується на технології жорсткого укладення бетону зовнішньої і внутрішньої зон, що ускладнює в цілому технологію. Для реалізації потенціальних переваг такої технології потрібен пошук і розробка нових конструктивно-технологічних рішень, які дозволяють ефективно використовувати укочуваний бетон.

З позиції надійності в системі "гребля - основа" зони контакту є найбільш відповідальним і найбільш уразливим місцем. Питання спраження гребель із скельовою основою розглядаються в роботах Л.Мюлера, К.Терцай, Є.А.Олександровської, І.Ф.Блінова, Є.Г.Газієва, Г.С.Гейнац, В.Н.Дурчевої, Є.С.Калустяна, Я.І.Малишева, П.П.Миргородського, Д.П.Прочухана, Д.Д.Сапегіна, А.І.Савича, С.А.Фріда, Ю.А.Фішмана, А.І.Царьова, С.А.Ейдельмана і інших дослідників. Виконані цими авторами теоретичні та експериментальні дослідження, а також натурні спостереження показують, що під напірною гранню в основі високих гребель при експлуатаційних навантаженнях мають місце розтягаючі напруження. Формування зони розуцільнення може привести до утворення або розкриття в скельовій основі тріщин, порушенню суцільності цемзавіси і розвитку несприятливих фільтраційних явищ, що вимагало в ряді випадків виконання в процесі експлуатації ремонтних робіт, зниження рівня водосховища. Аналіз аварій бетонних гребель показує, що найбільш частою причиною їх руйнування (близько 50%) є якраз порушення контактної зони. Традиційне рішення підземного контуру гребель з цементациєю завісою з боку верхової грані приводить до підвищення модуля деформації скелі в цій зоні і сприяє формуванню зони розуцільнення. Розрахункові дослідження з улаштуванням у верхньому б'єфі бетонного понуру з протифільтраційними завісами,

проведені П.П.Миргородським, А.Л.Можевітиновим та ін., показали, що при цьому покращується напружено-деформований стан контактної зони і фільтраційні умови в основі греблі. Однак, складним питанням є забезпечення спільної роботи і надійного спраження греблі з понуром. Напружено-деформований стан контактної зони є інтегральним показником взаємодії усіх зовнішніх сил і впливів, діючих на систему гребля - основа. Тому важливою проблемою греблебудування є удосконалення конструктивних рішень підземного контуру, направлене на підвищення надійності високих гребель.

Однією із різновидів гравітаційних гребель можна вважати чарункуваті і комбіновані греблі. В чарункуватих конструкціях досягається значне зниження об'єму бетону, а для спрощення технології зведення використовується збірний залізобетон. Для таких конструкцій важливими питаннями залишаються взаємодія каркасу з ґрунтом засипки чарунок і основою, вибір раціональних параметрів, забезпечуючих надійність роботи і технологічність, розширення області застосування.

Аркові греблі при мінімальних обсягах і ефективному використанні міцнісних властивостей характеризуються більш складною технологією. У зв'язку з цим, незважаючи на широке застосування технології укочуваного бетону в гравітаційних греблях, побудовано тільки декілька відносно невисоких аркових гребель з використанням укочуваного бетону в умовах теплого клімату.

В аркових греблях при підвищенні гнучкості досягається ефективна робота бетону переважно на стиск. Цей принцип лежить в основі складених аркових гребель. І хоча такі греблі мають певні переваги, вони не знайшли застосування на практиці через суттєві недоліки, пов'язані з ненадійністю конструктивних рішень і ускладненням технології. Для подальшого підвищення ефективності аркових гребель важливе значення набуває розробка нових конструктивно-технологічних рішень, направлених на удосконалення технології, включаючи впровадження укочуваного бетону, а також покращення напружено-деформованого стану.

При зведенні бетонних гребель широке застосування знайшла схема поетапного зведення, яка дозволяє знизити обсяг бетону 1-ї черги до мінімуму. Недоліками такої схеми є ускладнення як умов зведення, так і спільної роботи частин греблі при дії експлуатаційних навантажень з урахуванням температурно-усадочних явищ. При поетапному зведенні гребель важливою проблемою є

розробка рішень по спрощенню технології і використанню укочуваного бетону.

На основі проведеного аналізу, виходячи із досвіду вітчизняного і світового греблебудування і сучасних тенденцій, сформульовано ряд основних проблем, вирішення яких дозволяє підвищити ефективність і надійність бетонних гребель.

НОВІ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ГРАВІТАЦІЙНИХ ГРЕБЕЛЬ.

Для покращення технології зведення гребель із укочуваного бетону, яка застосовується, слід забезпечити можливість незалежного виконання зовнішньої і внутрішньої зон. Ця задача розв'язується в нових конструкціях гребель, де між верховою і внутрішньою зоною виконуються збірні бетонні елементи трапецоїдного перерізу, у яких на торцевих гранях улаштовуються порожнини-дрени, утворюючи спільно із швами між елементами єдину дренажну систему. Ці елементи за своєю конфігурацією і параметрами аналогічні збірним елементам, які використовуються на практиці для утворення низової зони гребель із укочуваного бетону, наприклад, на Ташкумирській ГЕС. Збірні елементи верховими гранями утворюють поверхню, з якою спрягається верхова зона із звичайного бетону або екран, а низовими гранями - східчасту пилкоутворюючу поверхню, забезпечуючу надійне спряження з внутрішньою зоною греблі із укочуваного бетону. При виконанні верхової зони із віброваного бетону для досягнення надійного спряження верхова грань збірних елементів може виконуватися з улаштуванням виступів - ребер або з нахилом в бік верхнього б'єфа і зміщенням елементів що лежать вище в бік нижнього б'єфа з утворенням східчастої поверхні.

В такій греблі збірні елементи з незамоноліченими швами між ними, зв'язують верхову зону з внутрішньою зоною в єдину споруду і забезпечують їх спільну роботу. При цьому ширина збірного елемента, яка визначає довжину незамоноліченого шва, складає близько 1 м, тобто менше 0,15-0,3 ширини верхової зони. Надійність роботи греблі при дії експлуатаційних навантажень визначається умовами спряження верхової і внутрішньої зон із збірними елементами, роботи власне збірного елемента при передачі зусиль від верхової внутрішній зоні.

Можна уявити роботу такої греблі за схемою складеної консолі, яка складається із верхової і внутрішньої зони, причому роль в'язів між ними виконують збірні елементи. Такі в'язі працюють як безкінцево жорсткі в'язі, завдяки чому в цілому

напружений стан такої складеної конструкції порівняно з монолітною не повинен істотно змінюватись.

Для перевірки напруженого стану в зоні горизонтальних незамонолічених швів були проведені дослідження методом кінцевих елементів (МКЕ) греблі висотою 88 м при дії основних навантажень. В зоні спряження і збірних елементів приймалась згущена сітка КЕ, а через шов не передавались нормальні і дотичні напруження.

В результаті досліджень встановлено, що вплив горизонтальних незамонолічених швів відбивається в основному в зоні збірного елементу і його спряження на довжині 0,5 ширини шва, де трохи перекручуються епюри нормальних стискаючих і дотичних напружень. При цьому забезпечується в повній мірі передача навантаження збірними елементами від верхової до внутрішньої зони. Стискаючі напруження на напірній грані збільшуються на 2-5% в середній і верхній частинах греблі.

Технологічна схема зведення греблі передбачає: випереджуче бетонування внутрішньої зони шляхом поярусної установки збірних елементів висотою близько 1 м, пошарової укладки і ущільнення бетону внутрішньої зони в кожному ярусі. Збірні елементи наступного ярусу встановлюють на попередній без спеціальної підготовки, їх форма забезпечує стійке положення. При куті нахилу внутрішньої грані елементу біля 45° досягається надійне примикання до неї шарів укоцovanого бетону і ущільнення зони примикання віброкотками. Укладка віброваного бетону верхової зони ведеться з відставанням, практично незалежно від бетонування внутрішньої зони в найбільш сприятливий період. Бетонування виконується звичайним шляхом одношаровими або багатшаровими блоками, що дозволяє також скоротити кількість горизонтальних будівельних швів на напірній грані. При такій схемі два технологічних потоки, що використовують різні засоби бетонування, не зв'язані між собою. Незалежне виконання в першу чергу внутрішньої зони греблі по єдиній технології укоцovanого бетону забезпечує стійкість процесу бетонування, найбільш сприятливі умови для поточної укладки бетону з повною комплексною механізацією робіт, дозволяючи досягти високої інтенсивності, причому одночасно збірними елементами утворюється дренажна система греблі.

Подальше спрощення схеми зведення греблі можливо в новій конструкції при утворенні верхової зони з використанням збірних елементів трапецієдного перерізу, у яких на бокових гранях

виконані штрабипорожнини і порожнини-дрени, які розташовуються один за одним у напрямку з верхнього б'єфа в нижній. Верховна зона утворюється заповненням штраб-порожнин замоноличеним бетоном, для цього доцільно використовувати литий бетон.

Об'єднані замоноличуванням бетоном в єдину верхову зону, збірні елементи забезпечують її спільну роботу з внутрішньою зоною греблі, а також водонепроникність споруди. Такі рішення можуть бути ефективними в теплих і помірних кліматичних умовах. При висоті греблі до 100 м обсяг збірних елементів може скласти 3-5%, а литого бетону - до 4% від загального обсягу.

При незалежному зведенні верхової і внутрішньої зон утворюються додаткові переваги при будівництві гребель в суворих кліматичних умовах. Ураховуючи, що в зимовий період для недопущення замороження укочуваного бетону в ранньому віці потрібні достатньо складні заходи (опалювальні шатри або улаштування надійної теплоізоляції поверхні), внутрішню зону переважно зводити в теплий період року, у зв'язку з чим практично на всіх греблях із укочуваного бетону в зимовий період бетонування припинялось. При зведенні в таких умовах греблі запропонованої конструкції, бетонування внутрішньої зони виконується в теплий період року з максимальною інтенсивністю за єдиною технологією укочуваного бетону.

Верхову зону бетонують незалежно і продовжують роботи в зимовий період з використанням теплої опалубки верхової грані і шатра, габарити якого незначно змінюються з ростом греблі, а всі роботи також ведуться за єдиною технологією. При цьому можна значно скоротити або виключити спеціальні міри по відводі тепла екзотермії.

В суворих кліматичних умовах в експлуатаційний період температурні напруження в тілі греблі взимку приводять до розкриття горизонтальних блочних швів (утворенню тріщин) з боку низової, а також верхової граней греблі. Їх глибина з низової грані може досягати 5 м, у зв'язку з чим розрахунковий переріз несучого профілю греблі зменшується, і бетон цієї зони, практично, виконує роль теплозахисного шару і гравітаційного привантаження. Відомі рішення, які передбачають укладку спеціального теплоізолюючого матеріалу з боку низової грані (ніздрюватий бетон і ін.), що значно ускладнює технологію робіт. Для таких умов можуть застосовуватись нові конструкції глухих гребель, в яких передбачається улаштування паралельно низовій грані греблі нахиленої стінки із збірних елементів з заповненням

грунтом порожнини, яка утворилась. Для спрощення конструкції порожнина може бути утворена із збірних чарункуватих блоків, у яких плоскі поздовжні плити, виконані з нахилом в протилежні боки, з одного боку вони є опалубкою для укочуваного бетону, а з другого - утворюють низову грань греблі. Такі блоки можуть збиратися із плоских плит. Збірні блоки кожного ярусу установлюють один на одного, після чого порожнини заповнюють ґрунтом, а потім укладаються шари бетону внутрішньої зони греблі. Роботи по укладанню ґрунту і бетону внутрішньої зони аналогічні, дозволяють використовувати одні і ті ж механізми. Гірська маса, маючи високі теплоізоляційні властивості (при коефіцієнті теплопровідності в 5-10 раз нижче, ніж у бетоні), при товщі шару до 3 м забезпечує надійний захист бетону внутрішньої зони.

Для такої греблі висотою 88 м в умовах суворого клімату були виконані розрахункові дослідження температурного режиму і напруженого стану від силових і температурних впливів експлуатаційного періоду в межах вирішення плоскої задачі теорії пружності за програмою, яка реалізує МКЕ. Аналіз результатів досліджень показує, що в такій греблі:

- в зимовий період досягається надійний теплозахист внутрішньої зони, де мінімальні температури в бетоні з боку низової грані складають 0° ;

- різко зменшується амплітуда сезонних коливань температури бетону;

- відсутні розтягуючі напруження на низовій грані, визвані температурними впливами, а в звичайній греблі вони можуть досягати 3,0 МПа, зменшуються розтягуючі напруження від температурних впливів на верховій грані;

- з'являється можливість покращити напружено-деформований стан контактної зони, не допускати зростання деформацій в ній з боку верхової грані, що визвані сезонними коливаннями зовнішніх температур і розкриттям будівельних швів на низовій грані.

Така конструкція, забезпечуючи надійний теплозахист внутрішньої зони греблі, дозволяє одночасно зменшити об'єм бетону на 10% за рахунок обтиснення бетонної частини профілю греблі.

Як показують результати проведених досліджень, розроблені нові конструктивно-технологічні рішення гребель із укочуваного бетону мають істотні переваги, забезпечуючи:

- спрощення умов зведення греблі при незалежному виконанні

внутрішньої і верхової зон з підвищенням загальної інтенсивності бетонних робіт;

- виконання верхової зони в оптимальних умовах із зменшенням кількості горизонтальних будівельних швів в ній і можливістю скорочення спеціальних засобів по відводу тепла екзотермії;

- в суворих кліматичних умовах покращення термонапруженого стану і в цілому статичної роботи греблі, зменшення об'єму бетону. Аналіз результатів досліджень економічної ефективності, заснований на співстановленні прибутку з усіма витратами за розрахунковий період інвестиційного циклу і виконаний стосовно до греблі Гуанінге в КНР висотою 88м, об'ємом бетону 1,2 млн.м³, показує, що при використанні нових рішень досягається скорочення інвестиційного циклу на 25%, зменшення процента за кредит на 40%, збільшується сумарний додатковий прибуток за розрахунковий період у розмірі 60% від капвкладень. На основі проведених досліджень можна підвищити ефективність і технологічність гравітаційних гребель, розширити область застосування уочуваного бетону.

В умовах помірного і жаркого клімату нові конструкції греблі з використанням збірних блоків, утворюючих верховими гранями суцільну рівну поверхню, забезпечують сприятливі умови для улаштування на ній екрану. В запропонованій пошуковій розробці нових конструкцій греблі розглядаються також екрани комплексного призначення, що мають протифільтраційні та антисейсмічні властивості.

В умовах вузьких створів запропонована нова конструкція греблі, у якій низова грань виконана ламаною з розширенням в зоні примикання до бортів створу. В такій греблі з просторовою схемою роботи в зоні примикання до бортів улаштовані поздовжні шви-надрізи, орієнтовані під кутом 15-30° до поздовжньої осі греблі і виконані із зменшенням довжини швів від низової грані до напірної, завдяки чому в середній частині греблі утворюється в горизонтальному перерізі трапеція.

При необхідності зниження жорсткості в консольному напрямку, поздовжні шви-надрізи також можуть улаштовуватися в русловій частині греблі. Під дією гідростатичного тиску води в такій греблі відбувається переміщення середньої частини греблі, яка працює як клин, з обтисненням стінок-масивів в примиканнях. При зведенні такої греблі використовується технологія уочуваного бетону. Щоб оцінити виникаючі розпирні зусилля і в

цілому напружено-деформований стан, визначити раціональні параметри конструкції, були виконані МКЕ дослідження балочного горизонтального елемента, вирізаного із середньої за висотою зони греблі на дію гідростатичного навантаження. Приймалось, що в швах-надрізах відсутні дотичні і нормальні напруження або тільки дотичні (при установленні в них залізобетонних гнучких елементів). На основі аналізу результатів досліджень встановлено, що в порівнянні із звичайною конструкцією;

- запропонована конструкція дозволяє значно покращити напруженодеформований стан греблі за рахунок утворення розпирних зусиль, які можуть досягати $0,84Q$, де Q - величина перерізуючої сили в примиканні;

- стискаючі напруження охоплюють до 85% площі балочного елемента, величина зони розтягу в контактному перерізі з верхової грані зменшується до $0,12B$, де B - ширина перерізу;

- різко підвищується стійкість примикань;

- знижується об'єм бетону.

Визначені раціональні параметри такої конструкції, яка дозволяє розв'язати проблему забезпечення надійного примикання гравітаційної греблі в умовах просторової роботи.

Такі рішення також можуть знайти застосування в балочних структурах промислових споруд.

НОВІ РІШЕННЯ ГРЕБЕЛЬ З ПОНУРОМ

Для забезпечення спільної роботи бетонного понуру з тілом греблі і підвищення надійності розроблені нові конструкції з гнучким спряженням понуру з греблею. Така гребля складається із понуру у вигляді окремого бетонного масиву, з'єднаного з греблею в єдину конструкцію арковим перекриттям. Висота понуру складає $0,1-0,2$ від висоти греблі. Під перекриттям утворюється дренажна порожнина. Аркове перекриття, яке працює як розпирна конструкція, передає зусилля від власної ваги, водяного привантаження понуру і греблі. Стійкість понуру, сприймаючого горизонтальний гідростатичний тиск і значний фільтраційний протитиск, забезпечується за рахунок водяного привантаження, власної ваги і здержуючих сил, які передаються арковим перекриттям. При цьому можна одержати достатньо рівномірну епюру стискаючих напружень по його підшві. Стійкість греблі, незважаючи на скорочення власного об'єму, досягається за рахунок зменшення горизонтальних сил від гідростатичного тиску, а також практично, повного зняття фільтраційного тиску. В другій конструкції на ділянці греблі вище понуру в створі дренажу тіла

греблі виконано вертикальний деформаційний шов, який нижче переходить в похилий шов, спрямований в бік нижнього б'єфу, і віддаляє понур від тіла греблі. Напірна стінка-перекриття працює як гнучка в'язь в горизонтальному напрямку, забезпечуючи практично незалежні переміщення в цьому напрямку понура і греблі. В вертикальному напрямку вона працює як жорстка в'язь, яка передає частину власної ваги від верхньої частини тіла греблі на понур. З метою досягнення на напірній грані греблі тільки стискаючих напружень перед стінкою доцільно побудувати аркове перекриття.

Для дослідження напружено-деформованого стану такої греблі була розроблена розрахункова модель, яка розглядає спільну роботу всіх елементів конструкції і основи, з використанням МКЕ в межах плоскої задачі теорії пружності. Основною метою досліджень є вивчення перерозподілу напружень в основі, в зоні контакту і в нижній частині греблі. Аналіз результатів розрахункових досліджень, проведених для греблі висотою 80 м, показав, що при дії основних експлуатаційних навантажень в основі греблі відсутня зона розтягу, а максимальні стискаючі напруження знижуються. При цьому забезпечується можливість регулювати напруження в контактній зоні і перерозподіляти зусилля між понуром і греблею. В перерізах аркового перекриття і практично по всій напірній грані греблі діють стискаючі напруження. Збільшення довжини підземного контуру і розширення дренажної зониоснови при недопущенні зон розуцілення (двохвісного розтегу) чинить сприятливий вплив на фільтраційний режим в основі, ураховуючи взаємозалежність напружено-деформованого стану і фільтрації, причому, як показують дослідження Е.С.Калустяна і ін., при дії розтягуючих напружень в основі, фільтрація різко зростає (на 1-2 порядку). Достатньо рівномірний розподіл нормальних стискаючих напружень в контактній площині, зниження протитиску дозволяє покращити напружено-деформований стан високих гребель і підвищити надійність роботи як окремих елементів (цемзавіса), так і в цілому несучу здатність системи гребля-основа порівняно з традиційною конструкцією. Така гребля забезпечує кращі умови взаємної адаптації споруди і скельової основи, особливо в складних інженерно-геологічних умовах, при значних деформаціях ложа водосховища від тиску води. Вона менш чутлива до зміни навантажень, що визвані сезонними коливаннями рівня водосховища в процесі експлуатації, що чинить істотний вплив на напружено-

деформований стан контактної зони високонапірних гребель, приводить до зміни фізико-механічних характеристик основи і умов фільтрації, до нарощування тріщиноутворення, залишковим деформаціям. Ці явища найбільш характерно спостерігаються на греблях Кельнбейн (Австрія), Саяно-Шушенській ГЕС. Крім цього, на напружено-деформований стан контактної зони понура в експлуатаційних умовах практично не чинять впливу температурні дії, пов'язані з сезонними коливаннями зовнішньої температури, що характерно для гребель, побудованих в суворих кліматичних умовах, викликаючи додаткові розушільнення і залишкові деформації під верховою гранню.

На підставі розрахункових досліджень для гребель висотою 80-120 м встановлено, що при параметрах опору зсуву $\text{tg}\varphi \leq 0,75$, $\sigma \leq 2 \text{ МПа}$ порівняно з традиційним вирішенням зниження обсягу складає від 10 до 20% при одночасному покращенні напружено-деформованого стану контактної зони.

В гравітаційній греблі на жорсткій скельній основі висотою більше 100 м при "класичному" профілі з вертикальною напірною гранню і закладаннями низової 0,7, при якій забезпечується міцність самої греблі, неминуха поява розушільнення під напірною гранню в контактній зоні.

Параметри зони розтягання, які регламентуються нормативними документами, на практиці в ряді випадків перевищують проектні, приводячи до порушення умов нормальної експлуатації і необхідності виконання складних ремонтних робіт. Тому доцільно зробити більш вимогливими положення норм про допущення розтягання в контактному перерізі. Як показує проведений аналіз, об'єм бетону побудованих за останні десятиріччя гравітаційних гребель висотою 100-200 м в середньому збільшується на 15-25% порівняно з "класичним" профілем, причому додатковий обсяг використовується в основному як гравітаційне привантаження. В запропонованих конструкціях з використанням ваги води як гравітаційного привантаження і перерозподілом навантаження між греблею і понуром досягається зниження обсягу високих гребель на 10-20%. Запропоноване рішення може знайти також застосування в гравітаційних греблях з екраном, в греблях, які працюють за просторовою схемою, в контрфорсних, арково-гравітаційних і аркових греблях. Такі рішення дозволяють розв'язати проблему поліпшення напружено-деформованого стану і фільтраційних умов контактної зони, підвищити надійність роботи системи гребля-основа при нормальних експлуатаційних умовах і при екстремальних

впливах, повніше використовувати міцнісні властивості бетону греблі і скельової основи.

В такій греблі забезпечується зниження вартості будівництва, виключення витрат на ремонтні роботи, в експлуатаційний період, як правило, потребуючі значних коштів, хоча і не завжди виявлялися успішними.

У випадку, коли із-за специфічних особливостей основи взаємні переміщення блоку бетонного понуру і тіла греблі можуть бути значними для сприйняття арковним перекриттям, запропоновано нове рішення з улаштуванням між бетонним понуром і греблю порожнини, в межах якої грані тіла греблі і бетонного понуру виконані зустрічно похилими до основи, утворюючи трапецію з меншою нижньою основою. При цьому в порожнині побудовано понур із слабководопроникного ґрунту. При впливі гідростатичного тиску на ґрунтовий понур, який має форму клину, у ньому виникають розпірні стискаючі зусилля, які забезпечують його прижимання до нахилених поверхонь греблі і бетонного понура, спільну роботу всіх елементів греблі. Гребля виконується з використанням технології уочуваного бетону, причому для улаштування ґрунтового понура застосовуються, практично, ті ж будівельні механізми. Для греблі висотою 100 м були виконані дослідження напружено-деформованого стану суглинистого понуру за програмою, яке реалізує МКЕ в межах плоскої задачі з використанням теорії пластичного зміцнення. Аналіз результатів досліджень показав:

- під дією гідростатичного обтиснення і пластичних деформацій виникло доуцілювання і зміцнення ґрунту понуру, при цьому, по всій розрахунковій поверхні діють стискаючі напруження, завдяки чому ефективно використовуються його міцнісні і фільтраційні властивості;

- по всьому опорному контуру максимальні дотичні напруження знаходяться на рівні граничних і зменшуються до 0,4 величини, граничних в зоні вільної поверхні.

На основі виконаних досліджень обґрунтована ефективність нової конструкції, при якій досягається надійна робота ґрунтового понуру спільно з бетонним понуром і греблю.

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЧАРУНКОВАТИХ І КОМБІНОВАНИХ ГРЕБЕЛЬ.

Підвищення технологічності чарункуватих споруд досягається завдяки застосуванню збірних плит з улаштуванням стиків у вертикальних стовпах замоноличування перепуском петльових арматурних випусків. Чарункуватий каркас, крім збірно-монолітної

напірної стінки для забезпечення водонепроникності, збирається із плит.

На відміну від існуючих методик контрфорсні стінки каркасу із плит розглядаються як консольні складені багатовіткові балки ступенево-змінного перерізу з пружними в'язями, у яких напірна стінка і вертикальні стовпи є вітками, а плити виконують роль пружних в'язів, забезпечуючих передачу зсуваючих і нормальних зусиль, тобто працюють як в'язі зсуву і поперечні в'язі. Цей напрямок одержав подальший розвиток при дослідженні бетонних гребель з горизонтальними незамоноліченими в'язями, складених аркових гребель, де використовується аналогічна схема.

Для бетонних і залізобетонних конструкцій, які розраховуються за схемою складеної балки, найбільш суттєвий вплив на їх напружений стан чинить робота в'язів зсуву, так як деформації згину в'язів значно перевищують деформації від дії поздовжньої сили. При вирішенні консольної складеної багатовіткової балки ми базувались на трактовці роботи складених балок, що запропонована А.Р.Ржаніциним, де складена балка розглядається як багаторазово статично невизначна система, при розрахунку якої дискретні рівномірно розташовані по довжині балки в'язі замінюються безперервно розподіленими.

Одержане за допомогою варіаційного методу Кастильяно-Рітца загальне рішення консольної складеної багатовіткової балки постійного і ступенево-змінного перерізу з пружними в'язями зсуву, для якої система складається $m/2(m+1)$ із диференційних рівнянь другого порядку, де m — кількість ліній пружних в'язів, і точні аналітичні рішення двохвіткової консольної складеної балки, маючи універсальний характер, були застосовані для досліджень інших гідротехнічних споруд: гребель з внутрішніми порожнинами і горизонтальними незамоноліченими швами, а також промислових і громадських споруд (стін з прорізами, спарених колон). Були проведені дослідження напруженого стану великої групи конструкцій із зміною розмірів елементів і прорізів в широких межах, метою яких було визначення обмежень, де доцільно використовувати розрахункову схему складеної балки, а також виявлення факторів, що дозволяють спростити досить трудомісткі розрахунки. В результаті досліджень встановлено:

- закон зміни зсуваючих зусиль істотно відрізняється від лінійного із збільшенням гнучкості в'язів;
- при співвідношенні розмірів, який характерний для стінок чарункуватої плитної конструкції, бетонних гребель з

горизонтальними швами, в'язі працюють практично як безконечно жосткі в'язі зсуву, що дозволяє значно спростити розрахунки. Робота чарункуватих конструкцій істотно залежить від взаємодії жорсткого каркасу з ґрунтом засипки і основи. В дисертації одержала подальший розвиток методика розрахунку міцності з урахуванням спільної роботи чарункуватого каркасу з ґрунтом засипки і м'якою основою. При цьому виходили із пропозицій Є.М.Ємельянова заснованих на врізанні каркасу в основи під дією власної ваги і ґрунту яких завис на його стінках. Для випадків, які часто зустрічаються на практиці, коли ґрунти засипки і основи мають близькі показники, нами запропонована розрахункова схема, ураховуюча нерівномірність напружень в основі під каркасом і ґрунтом чарунок. При цьому також запропоновано для чарункуватих конструкцій стоянів ураховувати додаткове осідання каркасу, визване урізуванням його в основу. Це дуже важливо, так як додаткове осідання, яке викликає нахил секції в бік лицьової грані, значно зменшує її поворот в бік засипки. Виконані дослідження для стоянів Канівської ГЕС показали, що при цьому зменшується тиск навалу на їх тилу грань на 40-80%.

Урахування додаткових осідань дозволило виявити важливу властивість чарункуватих конструкцій - різке зменшення тиску навалу, що підтверджується даними натурних спостережень за КВА на стоянах Канівської ГЕС. Розроблена на основі проведених досліджень методика розрахунку міцності чарункуватих плитних конструкцій на скельових і м'яких основах дозволяє раціонально запроектувати конструкцію.

З урахуванням досвіду будівництва стоянів Канівської ГЕС в роботі одержала подальший розвиток технологія зведення чарункуватих споруд. На основі виконаних техніко-економічних досліджень для чарункуватих споруд розроблені рекомендації по вибору раціональних параметрів. За рахунок впровадження результатів досліджень на стоянах Канівської ГЕС знижена вартість будівництва - еквівалент 290 тис.дол.США і скорочені строки будівництва. Проведені натурні спостереження за КВА на стоянах в процесі тривалої експлуатації показали, що їх напружено-деформований стан відповідає розрахунковому і підтвердили надійність розроблених конструкцій.

Виконані техніко-економічні дослідження при варіанті використання чарункуватих плитних конструкцій для дамб огорожування верхових водоймищ ГАЕС показують, що в суворих кліматичних умовах їх застосування дозволяє порівняно з

кутиковою залізобетонною стінкою знизити загальну вартість робіт на 22%, а порівняно з дамбою з бетонним кріпленням верхового укосу при незначному зниженні вартості одержати експлуатаційні переваги, завдяки виключенню льодоутворення на вертикальних стінках, збільшенню ємкості водоймища.

На основі результатів досліджень, аналізу досвіду будівництва і експлуатації стоянів Канівської ГЕС, чарункуваті плитні конструкції рекомендуються для застосування в стоянах гідровузлів висотою до 40 м, спорудах малих ГЕС і невеликих водогосподарчих гідровузлів, в огорожуючих спорудах верхових водоймищ ГАЕС. Близька до чарункуватої конструктивно нова конструкція комбінованої контрфорсної греблі з ґрунтовою призмкою з боку низової грані, відрізняється гнучким з'єднанням при допомозі шарнірів напірного перекриття з контрфорсами, утвореними збірними елементами. Такі конструкції, завдяки скороченню до мінімуму об'ємів бетону і простої технології зведення, можуть також знайти застосування для споруд малих ГЕС.

Значне зменшення об'єму бетону може бути досягнуто в новій конструкції комбінованої греблі, яка складається із гравітаційної греблі з розширеними швами трапецієдного перерізу, що примикає більшою основою до ґрунтового насипу. При такій конструкції забезпечується спільна робота бетонної греблі і ґрунтового насипу з обтисненнями бетонних секцій. Як показали виконані розрахункові дослідження, за рахунок ефективного розподілу маси бетону і ґрунту забезпечується ефективний напружений стан при зменшенні об'єму бетону до 40%.

Конструкція комбінованої греблі передбачає, що між протифільтраційним елементом греблі із ґрунтових матеріалів і низовою гранню бетонної греблі розміщено шар фільтруючого матеріалу, який з'єднується з верхнім б'єфом. При цьому з'являється можливість регулювати гідростатичний тиск, діючий на бетонну греблю і відповідно її напружено-деформований стан, що особливо важливо при використанні такої конструкції для нарощування греблі.

Ефективність такої конструкції підтверджує досвід будівництва перемички Олександрівського гідровузла, де досягнуто зниження вартості еквівалент 160 тис. дол. США.

НОВІ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ АРКОВИХ ГРЕБЕЛЬ

Для підвищення ефективності і технологічності аркових гребель запропонована нова конструкція складеної греблі, яка складається із двох арок. Верховою арка зв'язана з низовою за

допомогою збірних залізобетонних елементів, які забезпечуючи передачу навантаження від напірної на другу арку і рівномірне завантаження всієї системи, повинні бути достатньо гнучкими, щоб звести до мінімуму передачу зсуваючих зусиль. При цьому їх доцільно виконувати котушкової форми з розширенням на торцях, утворюючих внутрішню поверхню арок. Верхова арка виконується із вібраного бетону мінімальної товщини, виходячи із умови забезпечення водонепроникності. Низова арка, яка є основним несучим елементом конструкції, відповідно більш навантажена і масивна, виконується із уочуваного бетону. Порожнина між арками, де установлені збірні елементи, в умовах експлуатації використовується як дренажна.

В такій складеній арковій греблі, як і в звичайній, можна виділити арки і консолі, які у випадку, який розглядається є складеними, а зв'язуючі елементи працюють як поперечні в'язі і як в'язі зсуву. Зусилля, які діють в складених арках і консолях, залежать в значній мірі від пружної податливості в'язів зсуву. Так, при безконечно гнучких в'язях зсуву, складені арки і консолі працюють, практично, як складені із незалежних елементів, а при безконечно жорстких - як монолітні. Використовуючи одержані рішення складеної консолі і складеної арки з пружними в'язями, були виконані розрахункові дослідження греблі із двох арок, завантаженої гідростатичним навантаженням, які показали, що зв'язуючі збірні елементи працюють як надто гнучкі в'язі зсуву, дотичні напруження в них складають менше 10% від дотичних напружень, які одержують при безконечно жорстких в'язях зсуву. Отже, робота арок, утворюючих складену греблю, практично близька до роботи окремих незалежних арок, завдяки чому можуть бути реалізовані переваги, характерні для складених аркових гребель, з урахуваннями одержаних результатів подальші розрахункові дослідження складеної аркової греблі були виконані з використаннями МКЕ. Розрахункова модель розроблена з урахуванням конструктивних особливостей складеної греблі. При цьому по товщині греблі прийнято Q кінцевих елементів: 1 - в межах верхової арки; 2, 3 і 4 - відповідно верхова опорна частина, стержень і низова опорна частина збірного елементу - в'язі; 5 і 6 - в межах низової арки. Для спрощення рішення і скорочення кількості скінченних елементів реальні збірні елементи - в'язі були замінені умовними (більших розмірів, але із зменшеннями їх кількості), володіючих однаковою погонною жорсткістю. Дослідження були виконані для складеної греблі висотою 105 м в

відносно вузькому створі з відношенням довжини греблі по гребню до висоти 1.4, а також для аркової греблі традиційної конструкції. Як доказують результати аналізу напружено-деформованого стану, в складеній арковій греблі досягаються наступні переваги:

- в верховій арці забезпечується сприятливий напружений стан при дії тільки стискаючих напружень з рівномірним обтисненням її як в арочному, так і в консольному напрямках при відносно обмеженій нерівномірності нормальних напружень в перерізах. Це важливо для забезпечення надійної роботи греблі, включаючи контактну зону, так як верхова арка утворює водонепроникний контур греблі, спряжений з основою. Тому вона повинна виконуватись з урахуванням усіх вимог, що пред'являються аркових гребель, включаючи цементацію швів, забезпечення монолітності роботи, а її товщина, визначена в першу чергу вимогами водонепроникності, повинна бути мінімальною. При висоті греблі до 100 м її товщина може складати до 3-4 м, а до 200 м - до 6 м;

- на низову арку безпосередньо тиск води не діє, що визначає більш прості умови роботи і відповідно з поставленими вимогами, виключають необхідність забезпечення водонепроникності, монолітності, недопущення розкриття тріщин. Завдяки цьому, низова арка перетворюється в звичайну несучу конструкцію, яка виконується більш масивною, ніж верхова арка, щоб сприйняти більшу частину зовнішнього навантаження. При цьому напруженні стан її був також достатньо сприятливим;

- в збірних елементах діють стискаючі напруження, максимальні значення яких складають 9,5 МПа;

- напружений стан аркової греблі традиційної конструкції в цілому менш сприятливий, характеризується значною нерівномірністю напружень і наявністю зон розтягання в арковому і консольному напрямках. При цьому її об'єм на 16% перевищував об'єм бетону складеної греблі.

В складеній арковій греблі, завдяки підвищеній гнучкості, також значно знижуються напруження в експлуатаційний період від температурних впливів, особливо в верховій арці, причому допоміжний ефект може бути одержано шляхом регулювання температури внутрішньої порожнини між арками. Така конструкція характеризується підвищеною сейсмостійкістю за рахунок ресорної її роботи, яка знижує динамічний ефект.

Технологічна схема зведення таких гребень передбачає

випереджуюче бетонування масивної низової арки шляхом поярусної установки збірних елементів, пошарового укладання і ущільнення катками бетону низової арки. При незалежному бетонуванні низової арки, відсутності вимог по забезпеченню монолітності, створюються оптимальні умови застосування технології уочуваного бетону. Укладання віброваного бетону в тонкостінну арку ведеться з відставанням, практично, незалежно від бетонування низової арки. Ураховуючи сприятливі умови охолодження блоків з боку напірної грані і внутрішньої порожнини, невелику товщину арки, можна різко скоротити обсяг спеціальних заходів (трубне охолодження) для регулювання температури верхової арки в будівельний період. При цьому бетонування проводиться звичайними методами з подальшою цементацією будівельних швів.

Технологічними перевагами такої конструкції є:

- виконання низової арки із уочуваного бетону, об'єм якого в високих греблях досягає 70% загального об'єму, при відсутності вимог по забезпеченню водонепроникності, що дозволяє повністю або частково відказатись від цементації будівельних швів, знизити вимоги до допущення утворення температурних тріщин в будівельний період;

- виконання робіт по верховій арці із віброваного бетону і низової арки із уочуваного бетону незалежно один від одного, що дозволяє ефективно використовувати поточний метод з комплексною механізацією робіт;

- покращення умов охолодження бетону верхової арки в будівельний період із значним скороченням витрат на заходи по температурному регулюванню.

В результаті техніко-економічних досліджень таких гребель встановлено:

Із збільшенням висоти греблі їх ефективність підвищується. Порівняно з греблями традиційної конструкції при висоті 100-200 м об'єм бетону в них знижується на 15-25%, вартість з урахуванням виконання низової арки із уочуваного бетону - на 25-35%, а трудовитрати на будівельному майданчику - на 40-60%.

Спрощується технологія зведення греблі і забезпечується можливість широкого застосування уочуваного бетону в арковому греблебудуванні.

Досягається значний економічний ефект за рахунок зниження обсягів, вартості, трудовитрат, зниження термінів будівництва. Проектні проробки з використанням нових рішень виконані для варіанту аркової греблі ГЕС Майя в Бразилії.

При подальших дослідженнях доцільно розглянути вплив на напружено-деформований стан греблі, особливостей, пов'язаних з виконанням низової арки із укочуваного бетону з мінімальною кількістю радіальних швів, при відмові від цементації швів. Конструкція такої складеної аркової греблі також може виявитися ефективною при необхідності ремонту гребель у випадку, аналогічному арковій греблі Кельнбейн (Австрія) висотою 200 м, у якої при наповненні водосховища утворились небезпечні тріщини в контактній зоні. Якщо при зниженому напорі виконати в нижній частині створу за існуючою другу більш масивну арку і гнучкі зв'язуючі елементи, об'єднуючі її з існуючою аркою, то при подальшому підвищенні рівня водосховища друга більш жорстка арка сприйме частину додатковою гідростатичною навантаження і, при цьому, деформації першої арки будуть значно меншими, завдяки чому не зможуть розкриватися небезпечні тріщини в її контактній зоні.

В запропонованій новій конструкції греблі аркові пояси розсунуті по висоті і оперті на стовпи, а простір між арковими поясами перекривається достатньо гнучким перекриттям: плоским або арковим. Стовпи доцільно утворювати шляхом розрізання масиву між арковими поясами вертикальними поздовжніми і радіальними швами, що дозволяє спростити зведення греблі. Завдяки гнучкості перекриттів і стовпів, регулюванні в широкому діапазоні жорсткості в консольному напрямку, можна одержати оптимальний напружений стан. Як показали розрахункові дослідження аркової греблі такої конструкції висотою 60м в умовах широкого створу, порівняно із звичайною арково-гравітаційною греблею з'являється можливість за рахунок різкого зменшення жорсткості в основі консолей перерозподіляти гідростатичне навантаження між арковим і консольним напрямками із збільшенням оберненого навантаження у верхній частині консолей. При цьому розвантажується консоль в зоні основи і довантажуються арки у верхній частині греблі, досягається краще використання міцнісних властивостей бетону при зниженні обсягу біля 30%. В таких греблях, при збільшенні навантаження на борти створу, потрібні сприятливі інженерно-геологічні умови для забезпечення міцності і стійкості берегових примикань.

Натягування тяжів за рахунок гідростатичного тиску використовується в новій конструкції аркової греблі, у якої горизонтальні тяжі розташовуються у верхньому б'єфі під кутом до верхової грані греблі по обидва боки від її осі і заанкеруються

одним кінцем в тіло греблі, а другим - в борти ущелини. Зусилля в тяжах дозволяють покращити напружено-деформований стан контактної зони і підвищити стійкість берегових примикань, а при сейсмічних виливах уперек потоку, завдяки наявності пружної опори-тяжа, підвищити сейсмостійкість греблі.

В широких створах пропонується нова конструкція арково-контрфорсної греблі з прибудовою контрфорсів в нижній частині греблі, розташованих рівномірно по її довжині і напрямлених по радіусу. Контрфорси можуть бути утворені радіальними швами-прорізами. В греблі, за рахунок зниження жорсткості арок, можна покращити напружений стан в арковому напрямку, а за рахунок збільшення висоти перерізу контрфорсів знизити консольні розтягуючі напруження на верховій грані і в зоні спряження з основою.

В новій конструкції комбінованої греблі пропонується її нижню частину виконати із місцевих матеріалів, а верхню - у вигляді аркової греблі, яка оперта на берегові схили, а в прольоті - при необхідності - на стовпи. При зведенні греблі спочатку виконується аркова частина з пропусканням будівельних витрат в природничому руслі з наступним перекриттям його греблею із місцевих матеріалів, що дозволяє досягти економії і зменшення терміну будівництва за рахунок відказу, або скорочення будівельних тунелів. При такій конструкції греблі важливим елементом, який потребує подальшого вивчення, спряження ґрунтової греблі з аркою.

НОВИЙ СПОСІБ НАРОЩУВАННЯ БЕТОННИХ ГРЕБЕЛЬ

При зведенні гребель чергами або нарощуванні відкриваються нові можливості використання конструктивних рішень гребель, наведених вище. При цьому за греблею першої черги зводять другу греблю необхідної висоти, яку з'єднують з першою за допомогою аркового перекриття, виконуючи, як і при звичайному способі, розвиток підземного контуру і ін. Після підвищення рівня водосховища затоплена гребля першої черги працює як виступ-понур, гнучко зв'язаний арковим перекриттям з тілом греблі другої черги. Аркове перекриття забезпечує спільну роботу греблі першої і другої черги при мінімальному обсязі додаткових робіт в зоні його обпирання на низову грань при сприятливих умовах спряження, завдяки впливу на ділянці обпирання стискуючих напружень.

Новий спосіб нарощування гребель був апробований при проектуванні розширення гідровзла Гонтенхе в КНР у відповідності з розробленою автором програмою і основними технічними

рішеннями. До складу гідровузла входить масивно-контрфорсна гребля висотою 40 м, яка включає водозливну і станційну частину і будівлю ГЕС, що примикає до греблі.

Для нарощування існуючої греблі до 115м за нею передбачається будівництво другої греблі в декілька етапів, щоб забезпечити в період її зведення експлуатацію існуючої ГЕС. На 1-му етапі під захистом перемички, яка перекриває частину русла річки, улаштовують в основі другої греблі донні водоводи для пропускання витрат існуючих ГЕС. Після зведення другої греблі з застосуванням технології укочуваного бетону і нової будівлі ГЕС, розташованої біля греблі порожнина між існуючою і новою греблею перекривається арковим перекриттям прогоном 30 м, після чого існуюча гребля затоплюється, припиняється експлуатація старої ГЕС і починає процювати нова ГЕС.

Дослідження напружено-деформованого стану греблі спільно з основою при дії основних експлуатаційних навантажень з використанням методу кінцевих елементів (співвідношення модуля деформації греблі і основи $E_{гр}/E_0=3..$, параметри зсуву основи $tg\varphi=0.65$, $c=0.2$ МПа) показали, що після нарощування греблі забезпечується сприятливий напружено-деформований стан, який характеризується відсутністю зон розушільнення в основі, відносно рівномірним розподілом нормальних стискаючих напружень в контактній площині, високим коефіцієнтом запасу стійкості на зсув нової греблі (дорівнює 1,6) при відносно низьких показниках зсуву. В арковому перекритті і по напірній грані нової греблі, крім обмеженої ділянки в місці примикання аркового перекриття, діють стискаючі напруження.

На основі виконаних техніко-економічних досліджень встановлено, що новий спосіб нарощування забезпечує значне підвищення економічної ефективності за рахунок:

- покращення в цілому умов будівництва при незалежному зведенні нової греблі з використанням технології укочуваного бетону;

- зменшення обсягів робіт на гідровзлі, у тому числі підземних робіт на будівельних тунелях більше 50%, бетону греблі - на 10%, а також скорочення загальної вартості на 8 млн. дол. США або на 13%;

- додаткового вироблення електроенергії в період будівництва більше 400 млн. кВт -рік;

- збереження в період будівництва нормального експлуатаційного рівня водосховища без додаткового спрацювання;

- скорочення інвестиційного циклу на 25%, за кредит - на 25%, одержати додатковий прибуток за розрахунковий період в розмірі 60% капвкладень.

За одержаними результатами можна рекомендувати такий спосіб для використання на практиці, де він може дати початок новому напрямку нарощування бетонних гребень і будівництва їх в дві черги.

ВИСНОВКИ

1 На основі проведеного аналізу досвіду і сучасних тенденцій вітчизняного і світового бетонного греблебудування сформульовано ряд основних проблем, вирішення яких дозволяє підвищити ефективність і надійність бетонних гребель. Вони включають розробку і обґрунтування:

- нових конструктивних рішень і технологій зведення гравітаційних і аркових гребель із укочуваного бетону, чарункуватих і комбінованих гребель;

- нових рішень спряження бетонних гребель із скельовою основою;

- нового способу нарощування і поетапного зведення бетонних гребель.

2 Для гравітаційних гребель із укочуваного бетону розроблені нові конструктивні рішення верхової зони, її спряження з внутрішньою зоною із укочуваного бетону з використанням збірних елементів, низової зони, утворюючої теплоізоляційний шар, і нова технологічна схема, на відміну від існуючих, забезпечує незалежне зведення внутрішньої і верхової зон. Розроблена розрахункова модель і досліджено напружено-деформований стан гребель з урахуванням конструктивних і технологічних особливостей. Установлено, що такі рішення дозволяють спростити умови зведення, підвищити загальну інтенсивність бетонних робіт, скоротити термін будівництва, особливо при зведенні гребель в суворих кліматичних умовах.

3 На основі проведених розрахункових досліджень обґрунтована можливість створених розпірних зусиль в новій конструкції гравітаційної греблі, яка працює за просторовою схемою, визначені її раціональні параметри. На відміну від існуючих рішень створення в ній розпірних зусиль дозволяє різко покращити напружений стан греблі і зон примикання, підвищити стійкість примикань і знизити об'єм бетону. Такі рішення також можуть знайти застосування в балочних структурах в промисловому будівництві. Подальші дослідження доцільно виконати МКЕ з

розв'язанням об'ємної задачі теорії пружності.

4 Розроблена нова конструкція і технологія зведення складеної аркової греблі із двох арок: верхової з мінімальною товщиною із віброваного бетону, яка утворює водонепроникний контур греблі, і низової масивної, що є основним несучим елементом, - із укочуваного бетону, зв'язаних між собою гнучкими збірними елементами. Для низової арки виключається необхідність забезпечення водонепроникності, монолітності, що спрощує умови зведення. Розроблена розрахункова модель і виконані дослідження напружено-деформованого стану такої греблі і техніко-економічні дослідження. Установлено, що порівняно з традиційною конструкцією досягається більш сприятливий напружено-деформований стан з забезпеченням в верховій арці тільки стискаючих напружень. Ефективна технологія зведення з використанням укочуваного бетону, досягаючого в високих греблях 70% загального об'єму, дозволяє підвищити інтенсивність бетонування і скоротити терміни зведення. Із збільшенням висоти їх ефективність збільшується, об'єм бетону зменшується на 15-25%, вартість - на 25-35%, а трудовитрати на будівельному майданчику - на - 60%.

Така конструкція може також застосовуватись при нарощуванні аркових гребель і при необхідності їх підсилення.

5 На основі одержаних рішень і проведених досліджень можна підвищити ефективність і технологічність укочуваного бетону в аркових греблях і розширити зону її застосування в гравітаційних греблях.

6 Розроблені нові конструктивні рішення спряження бетонних гребель із скельовою основою з улаштуванням виступу-понуру, гручко зв'язаного арковим перекриттям з греблею. Розроблена розрахункова модель і досліджено напружено-деформований стан греблі і основи, виконано аналіз впливу різних зовнішніх факторів на надійність роботи. Установлено, що такі рішення дозволяють розв'язати одну із найважливіших для високих гравітаційних гребель проблему підвищення надійності роботи контактної зони системи гребля-основа. Це досягається за рахунок виключення в основі зони розуцільнення, розширення дренажної області основи, кращих умов взаємної адаптації греблі та основи, меншої чутливості до значних коливань рівня водосховища, до сезонних коливань зовнішніх температур в суворих кліматичних умовах. Ефективність таких рішень збільшується для високих гребель, де, порівняно з традиційними, економія бетону досягає

10-20%, при підвищенні в цілому експлуатаційної надійності споруди.

При великих взаємних деформаціях греблі і виступу-понуру розроблена нова конструкція з виконанням між ними слабководонепроникного ґрунтового понуру, який опирається на взаємно нахилені до його осі бетонні поверхні греблі і виступу-понуру. На основі виконаних досліджень встановлено, що за такими рішеннями в результаті гідростатичного обтиснення здійснюється ущільнення і зміцнення ґрунту понуру з дією напружень стиску.

7 Нові конструктивні рішення спряження бетонних гребель з основою рекомендується, при відповідних умовах, для високих бетонних гравітаційних гребель, гребель з екраном, арково-гравітаційних і аркових гребель.

8 Виконані розрахункові дослідження нової конструкції аркової греблі з підвищеною гнучкістю в основі консолей за рахунок розрізання цієї зони швами на стовпи. Встановлено, що така гребля в широких створах дозволяє покращити напружено-деформований стан і знизити обсяг затрат біля 30% при наявності сприятливих умов примикань.

9 Одержані для чарункуватих плитних конструкцій вирішення задачі попереднього згину консольної складеної багатовіткової балки східчатого-змінного перерізу, маючи універсальний характер, були використані при дослідженні напруженого стану гравітаційних гребель із швами, складених аркових гребель. На основі розрахункових досліджень розроблена і перевірена даними натурних спостережень методика розрахунку міцності чарункуватих конструкцій на м'яких основах спільно з ґрунтом засипки чарунок з урахуванням додаткових осідань основи, що визвані врізанням каркасу в ґрунт основи. При цьому, виявилась важлива нова властивість чарункуватих конструкцій стоянів - різке зменшення тиску навалу. Одержані рекомендації використані в нормативних матеріалах.

На основі проведених комплексних досліджень і досвіду будівництва для чарункуватих споруд розроблені рекомендації по підвищенню їх ефективності. За рахунок впровадження результатів досліджень на стоянах Канівської ГЕС знижена вартість будівництва - еквівалент 290 тис.дол.США і скорочення терміну будівництва. Аналіз виконаних натурних спостережень підтвердив надійність роботи споруд.

Чарункуваті щільні конструкції рекомендуються для

застосування в стоянах гідровузлів, спорудах малих ГЕС і водогосподарчих гідровузлів, в огорожуючих спорудах верхових водоймищ ГАЕС.

10 Розроблені нові конструктивні рішення комбінованих гребель, які можуть бути ефективними в певних умовах, особливо при нарощуванні гребель, що стверджує досвід будівництваа перемички Олександрівського гідровузла, де досягнуто зниження вартості - екв. 160 тис.дол.США.

11 Розроблено новий спосіб нарощування гравітаційних гребель з незалежним зведенням греблі другої черги, зв'язаної з існуючим арковим перекриттям. Досліджено напружено-деформований стан споруди і його економічна ефективність для умов розширення гідровзла в КНР із збільшенням висоти греблі з 40 до 115 м. Установлено, що така технологія нарощування греблі дозволяє покращити умови і зменшити термін будівництва, ефективно використовувати укочуваний бетон, скоротити обсяг робіт і зменшити вартість на 8 млн.дол.США, подовжити термін експлуатації ГЕС 1-ї черги в період будівництва і додатково виробити 400 млн.кВт-рік, відмовитися від спрацювання водосховища в період будівництва, забезпечити сприятливий напружено-деформований стан споруди.

Запропонований спосіб може дати початок новому напрямку поетапного будівництва і нарощування бетонних гребель.

12 Обґрунтована висока економічна ефективність нових конструктивно-технологічних рішень гребель із укочуваного бетону і нового методу нарощування, дозволяючих скоротити інвестиційний цикл на 25%, зменшити процент за кредит на 25-40%, одержати сумарний додатковий прибуток за розрахунковий період у розмірі до 60% від капвкладень у будівництво.

13. В виконаних дослідженнях розроблені і обґрунтовані управління напружено-деформованим станом бетонних гребель різних типів з розв'язанням задачі ефективного використання властивостей матеріалів бетонних гребель при забезпеченні раціональної технології зведення, що створє наукову основу для подальшого удосконалення і підвищення ефективності бетонних гребель.

14 Реалізація в практиці будівництва бетонних гребель, результатів проведених розробок і досліджень буде сприяти підвищенню конкурентноздатності бетонних гребель, їх економічної ефективності і експлуатаційної надійності, що має важливе народно-господарче значення.

Основний зміст дисертації відображено в наступних публікаціях:

1. Mgalobelov Y.B., Landau Y.A., Non-Traditional Concrete Dam Construction on Rock Foundation, A.A. Balkema Publisher, 1997, p.1-266.
2. Ландау Ю.А., Новые конструктивно-технологические решения плотин из укатанного бетона в суровых климатических условиях, Энергетическое строительство, № 8, 1994, с.53-55.
3. Landau Y.A., Possibilities of increasing dam-foundation reliability by front apron design, Water Power and Dam Construction, N 7, 1993, p.26-28.
4. Mgalobelov Y.B., Landau Y.A., New ideas in arch dams engineering International Symposium of arch Dams, China, 1992, P.633-636.
5. Landau Y.A., Mgalobelov Y.B., Structural decisions and peculiarities of static work of dams from rammed concrete, International Symposium of RCC Dams, China, 1991, p.65-75.
6. Ландау Ю.А., Некоторые особенности новой конструкции бетонной плотины на скальных и полускальных основаниях. Труды Гидропроекта, выпуск 55, М., 1978, с.95-99.
7. Ландау Ю.А., Соколов Б.И., Об одном универсальном методе расчета конструкций типа стен с проемами и многоярусных рам, Известия ВНИИГ, т. 95, 1971, с.179-185.
8. Ландау Ю.А., Практический метод расчета общей прочности ячеистых конструкций из сборных плоских плит, Труды Гидропроекта, Сборник 31, Харьков, 1972, с.86-98.
9. Ландау Ю.А., Левицкий Л.Л., Экономическая эффективность ячеистых конструкций из плоских сборных плит, Труды Гидропроекта, Сборник 31, Харьков, 1972, с.99-107.
10. Ландау Ю.А., Некоторые вопросы статического расчета ячеистых конструкций из плоских плит без фундаментной плиты. Труды Гидропроекта, Сборник 19, М., 1970, с.248-263.
11. Ландау Ю.А., Расчет и исследование общей прочности ячеистых железобетонных конструкций из плоских плит, Сборник докладов по гидротехнике, выпуск 10, Энергия, 1969, с.88-103.
12. Ландау Ю.А., Давление грунта на внутренние стены ячеек, Приложение №3, СНиП II-55-79, Подпорные стены, судоходные шлюзы и рыбозащитные сооружения, М., 1980, с.38-39.
13. Ландау Ю.А., Кимлач Б.Т., Левицкий Л.Л., Конструктивные особенности водосбросных сооружений Александровского гидроузла в составе КУЭК, 5 научно-техническое совещание Гидропроекта, Реферативный сборник докладов, М., 1987, с.136-138.

14. Ландау Ю.А., Новая конструкция составной арочной плотины, Третье научно-техническое совещание Гидропроекта, Тезисы докладов и сообщений, Часть 1, М., 1976, с.49-50.
15. Ландау Ю.А., А.с.№1825838, Бетонная плотина, Бюл.25, 1993, с.38.
16. Ландау Ю.А., Бетонная плотина, Положительное решение от 27.02.92 по заявке 4938077/15.
17. Ландау Ю.А., А.с. N 1740536, Массивно-контрфорсная плотина, Бюл. 22, 1992, с.100.
18. Ландау Ю.А., А.с. N 1715946, Бетонная плотина, Бюл. 8, 1992, с.106.
19. Ландау Ю.А., А.с. N 170 9003, Бетонная плотина, Бюл. 4, 1992, с.124.
20. Ландау Ю.А., А.с. N 1701799, Напорное сооружение, Бюл. 48, 1991, с.102.
21. Ландау Ю.А., А.с. N 1698356, Бетонная плотина, Бюл. 46, 1991, с.111.
22. Ландау Ю.А., А.с. N 1678964, Гравитационная плотина, Бюл. 35, 1991, с.110.
23. Ландау Ю.А., А.с. N 1661269, Бетонная плотина, Бюл. 25, 1991, с.103.
24. Ландау Ю.А., А.с. N 1606590, Бетонная плотина, Бюл. 42, 1990, с.126.
25. Ландау Ю.А., А.с. N 1565949, Бетонная плотина, Бюл. 19, 1990, с.127.
26. Ландау Ю.А., А.с. N 1511320, Бетонная плотина, Бюл. 36, 1989, с.128.
27. Ландау Ю.А., А.с. N 1511319, Бетонная плотина, Бюл. 36, 1989, с.128.
28. Ландау Ю.А., Мгалобелов Ю.Б., А.с. n 1477825, Плотина, Бюл.17, 1989, с.108.
29. Ландау Ю.А., Левицкий Л.Л., А.с. N 1381234, Бетонная плотина, Бюл.10, 1988, с.118.
30. Ландау Ю.А., А.с. N 1361236, Бетонная плотина. Бюл.47, 1987, с.118.
31. Ландау Ю.А., А.с. n 1300085, Контрфорсная плотина, Бюл.12, 1987, с.119.
32. Ландау Ю.А., А.с. N 1300083, Плотина, Бюл. 12, 1987, с.119
33. Ландау Ю.А., А.с. N 1300082, Плотина, Бюл. 12, 1987, с.119.
34. Ландау Ю.А., Левицкий Л.Л., А.с. N 1205600. Пространственный армопалубочный блок, 1985.
35. Ландау Ю.А., Левицкий Л.Л., Забара А.А., А.с. N 950851, Подпорное сооружение, Бюл. 30, 1982, с.110.
36. Ландау Ю.А., Левицкий Л.Л., Кузьменко Б.Т., А.с. N 783405, Здание ГЭС, Бюл.44, 1980, с.128.
37. Ландау Ю.А., А.с. N 662652. Бетонная плотина. Бюл.18, 1979, с.140.
38. Ландау Ю.А., А.с. N 429161, Плотина, Бюл. 19, 1974. с.96.
39. Ландау Ю.А., А.с. N 325296, Арочная плотина, Бюл. 3, 1972, с.87.
40. Ландау Ю.А., А.с. n 312915, Гравитационная плотина. Бюл.26, 1971, с.92.
41. Ландау Ю.А., Левицкий Л.Л., А.с. N 234235, Каменнонабросная плотина, Бюл. 3, 1969, с.164.
42. Ландау Ю.А., А.с. N 186888, Арочная плотина, Бюл. 19, 1966, с.138

Ландау Ю.А. Новые конструктивные решения бетонных плотин. -Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения. Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 1997г. Диссертация посвящена вопросам совершенствования бетонных плотин, повышения их эффективности. В диссертации разработаны новые конструктивные решения гравитационных и составных арочных плотин из укатанного бетона, комбинированных и ячеистых плотин, сопряжения их со скальным основанием. Для новых решений плотин разработаны расчетные модели с выполнением исследований напряженно-деформированного состояния, обоснована их высокая экономическая эффективность и эксплуатационная надежность, подтвержденные для ячеистых и комбинированных конструкций практикой строительства.

Установлено, что новые решения позволяют решить задачу эффективного использования свойств материалов плотин при обеспечении рациональной технологии возведения. Разработан новый способ поэтапного возведения гравитационных плотин. Основные результаты работы нашли применение при проектировании гидроузлов с новыми решениями плотин, что позволило повысить их эффективность.

Ключевые слова: бетонные плотины, напряженно-деформированное состояние, эксплуатационная надежность, экономическая эффективность.

Landau Y.A. The new constructive decisions of concrete dams. - Manuscript. Thesis for a doctor's degree by speciality 05.23.01 - build constructions, buildings and structure. Kharkiv state academy of a railway transport, Kharkiv, 1997.

The dissertation is devoted to problems of perfection of concrete dams, increase of their efficiency. The new constructive decisions of gravitation and compound arch roller compacted concrete dams, combined and cellular dams, and their integration with the rock foundation are developed in the dissertation. The settlement models and researches of the stress-deformed state had been made for the new decisions, high economic efficiency and operational reliability is stated and confirmed by practice of construction for cellular and combined structures.

There is established that the new decisions allow to decide a problem of an effective utilization of properties of dams materials on the basis of optimal erection technology. The new method of stage construction of gravity dams is developed. The main results of work have found a use at the stage of design of hydroschemes with the new decisions of dams, that has allowed to increase their efficiency.

Key words: concrete dams, stress deformed state, operational reliability, economic efficiency.

Ландау Ю.О. Нові конструктивні рішення бетонних гребель. - Рукопис. Дисертація на вишукування вченої ступені доктора технічних наук по спеціальності 05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі та споруди. Харківська державна академія залізничного транспорту, Харків. 1997р.

Дисертація присвячена питанням удосконалення бетонних гребель, підвищення їх ефективності. В дисертації розроблені нові конструктивні рішення гравітаційних та складених аркових гребель з уочуваного бетону, спряження їх з основою із скелі. Для нових рішень гребель опрацьовані розрахункові моделі з дослідженням пружно-деформаційного стану, обґрунтована їх висока економічна ефективність та експлуатаційна надійність, що стверджується для низдроватих та комбінованих конструкцій практикою будівництва.

Встановлено, що нові рішення дозволяють вирішити задачу ефективного використання властивостей матеріалів гребель при забезпеченні раціональної технології їх будівництва. Розроблено новий спосіб поетапного зведення гравітаційних гребель. Основні результати праці знайшли застосування при проектуванні гідровузлів з новими рішеннями гребель, що дозволило підвищити їх ефективність.

Ключові слова: греблі бетонні, пружно-деформаційний стан, експлуатаційна надійність, економічна ефективність.

АВТОРЕФЕРАТ
на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук

Нові конструктивні рішення бетонних гребель

Ландау Юрій Олександрович

Відповідальний за випуск Охріменко І.М.

Підп. до друку 15.12.97г.
Друк офс.
Безкоштовно

Формат 60х84 1/16
Умовн. друк. арк. 2,0
Тираж 60 прим.

Папір офс.
Замовлення №47

431903

AB 39.557

AB 39.557