

627
3-36

УКРАЇНСЬКА АКАДЕМІЯ НАУК
ПРАЦІ ІНСТИТУТУ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА, ВИП. 5
UKRAINISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
ARBEITEN DES INSTITUTS FÜR WASSERWIRTSCHAFT, LIEF. 5

627
3-36

Інж. В. М. ЗАСС

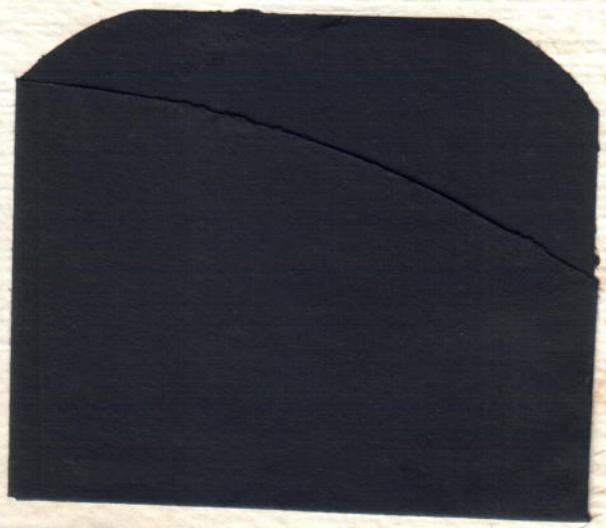
МЕТОД ВИБОРУ ТИПІВ СУДЕН ДЛЯ МАЛИХ РІК

Ing. W. M. SASS

METHODIK DER AUSWAHL VON SCHIFFSTYPEN FÜR SEICHTE FLÜSSE

ВИДАВНИЦТВО УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ НАУК

КИЇВ — 1936





2285

VERSICHERUNGSFIRMEN UND VERBÄLLE

1881

UKRAINISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ARBEITEN DES INSTITUTS FÜR WASSERWIRTSCHAFT, LIEF. 5

Ing. W. M. SASS

METHODIK DER AUSWAHL VON SCHIFFSTYPEN FÜR SEICHTE FLÜSSE

HERAUSGEgeben UND VORWORT VON
DOZENT A. K. KORTSCHAGIN

VERLAG DER UKRAINISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

K Y J I W — 1 9 3 6

УКРАЇНСЬКА АКАДЕМІЯ НАУК
ПРАЦІ ІНСТИТУТУ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА, ВИП. 5

Інж. В. М. ЗАСС

627
3-36

МЕТОД ВИБОРУ ТИПІВ СУДЕН ДЛЯ МАЛИХ РІК

РЕДАКЦІЯ ТА ПЕРЕДМОВА
ДОЦ. А. К. КОРЧАГІНА

9985
Червона Гвардія
Інст.



ВИДАВНИЦТВО УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ НАУК
О КИЇВ - 1936

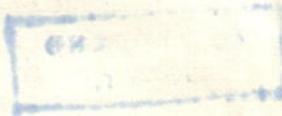
Бібліографічний опис цього видання
вміщено в „Літопису Українського дру-
ку“, „Картковому реєстру“ й інших
поглядниках Української книжної пі-
лати

18-8

Відповід. редактор *A. Корчагін*
Літредактор *B. Козловський*
Учений коректор *I. Коган*
Техкер *C. Ліпов*

Друкується з розпорядження Української Академії Наук

Неодмінний секретар академік *O. В. Палладін*



ПЕРЕДМОВА

Ця робота інж. В. М. Засса є першою в серії науково-дослідних робіт Інституту водного господарства УАН по транспортному засвоєнню малих рік УСРР. На протязі 1935 р. в цій галузі буде розроблено ще такі теми: „Опір рухові суден на малих ріках“, „Поліпшення судноплавних умов малих рік УССР“ та „Організація перевозок на малих ріках“. До цієї ж серії примикає ширший обсягом „Анотований покажчик літератури по малих ріках“, що охоплює питання не тільки транспорту, а й гідроенергетики, меліорації, водопостачання тощо поруч з гідрологією.

Значне збільшення уваги питанню транспортного засвоєння малих рік є фактом лише найближчих років. Гасло повнішого використання наших водних ресурсів на службі соціалізму дав т. Куйбишев у січні 1932 р. на XVII Всесоюзній конференції ВКП(б), а конкретна директива про збудування транспортного флоту для малих рік належить XVII З'їздові ВКП(б) (січень 1934 р.).

Практика організації перевозок на малих ріках є так само справою останніх років. Уперше в широкому масштабі таке судноплавство було організоване Лубенським райвиконкомом на Сулі в 1934 р., а зараз запроваджується Луганським РВК на Півн. Дінці. До цього ми мали вузько відомі перевози Набутовської цукроварні в 1930 р. на р. Росі та Нікопольбуду в 1933 р. по р. Лапінці.

Новизна питань, що виникають у зв'язку з завданням транспортного засвоєння малих рік, підкреслюється надто обмеженим досвідом щодо цього як дореволюційної Росії, де використання численних малих рік обмежувалося звичайно лісосплавом, так і закордону, де превалюють каналізовані ріки й канали.

Доводиться визнати, що тут відстала й теорія, яка зараз неспроможна дати організаторам нової справи чітку відповідь на багато питань.

Тим часом з відповіддю гаятися не можна, бо успіхи нашого соціалістичного будівництва, які дали можливість поставити на всю широчину завдання „малого судноплавства“, одночасно потребують найскоршого розв'язання його. Цього вимагають потреби колгоспного села, що став заможним, місцевої та кустарної промисловості, яка швидко зростає, наших індустриальних та комунальних будівництв, радгоспів та кооперації тощо. Цього потребує бурхливий розвиток середрайонного та міжрайонного товарообігу, цього потребує культурне зростання села й міста. Цілком натурально, що в таких умовах на місцях, не чекаючи вказівок теорії,

що відстає, стихійно починають будувати дрібний флот і притягати на допомогу сухопутному транспортові водний, незамінний через свою дешевість для масових та сезонних перевозок. Хоч при цьому іноді роблять помилки, як наприклад на річках Харкова, де надмірна швидкість руху суден привела до інтенсивної руйнації берегів, але в цьому досвіді в багато цінного і він заслуговує на уважне вивчення.

Робота нашого наукового співробітника В. М. Засса, яка досліджує та посильно висвітлює актуальне питання про типи суден для малих рік, є роботою пionерною,— лише у момент закінчення її з'явилися в пресі перші повідомлення про проведення аналогічного дослідження в Центральному науковому інституті водного транспорту (ЦНІВТ) на завдання Ленінградського облплану для рік Ленінградської області. Пionерний характер цієї цілком оригінальної роботи В. М. Засса одночасно обумовлює як її цінність, там і слабкі сторони.

Останні випливають з відзначеної вже вище новизни розглядуваних питань, які мають дуже малу базу в даних практики й теорії. Це стосується насамперед зовсім не розроблених питань опору рухові суден на малих ріках; тут мимоволі довелося покищо користуватися залежностями, виведеними для каналів, хоч сталість дійсного перерізу останніх утворює умови для руху, різко відмінні від умов для малих рік, глибина й ширина яких варіюють у дуже великих межах. Цю відміну довелося взяти на увагу в розрахунках і, обираючи розміри суден, залишати мінімальні запаси по ширині, глибині й поперечному перерізу, оскільки лімітуючі звуження русла будуть чергуватися з дільницями великої пропускної здатності. Нез'ясованим лишилось питання про допустиму з погляду стійкості природних берегів малих рік швидкість руху суден, а також про рух із швидкістю, вищою за критичну (див. с. 28).

Через неопрацьованість до цього часу проблеми газогенераторних суднових установок, які могли б істотно здешевити тягу суден по багатьох ріках з запасами місцевого палива (древа, торф тощо), довелося для більших років рекомендувати застосування тракторних двигунів марок ХТЗ, СТЗ та ЧТЗ.

Обмежуючи цим наведення „темних місць“, які потребують дальнішого вивчення і тому покищо іноді мають дискусійне розв'язання,— відзначимо лише дуже невеликий обсяг наших знань навіть про можливий вантажообіг малих рік. Через це— для ілюстрації вибору типів суден на основі запропонованої методики — В. М. Зассові довелося використати матеріали Меліотресту по економіці р. Сули, хоч вони надзвичайно застарілі й взагалі дають нехарактерну для малих рік картину.

Багато питань чи зовсім не зачеплені в роботі (конструкція суден, обводи), чи висвітлені лише дуже побіжно (тип двигуна, питання собівартості перевозок) через неможливість охопити ввесь обсяг теми за 8 місяців роботи однієї людини¹⁾.

¹⁾ Доречно відзначити, що в згаданій роботі ЦНІВТу брали участь 30 інженерів та економістів (збірник статей „За советское судоходство“, № 2, 1934 р.).

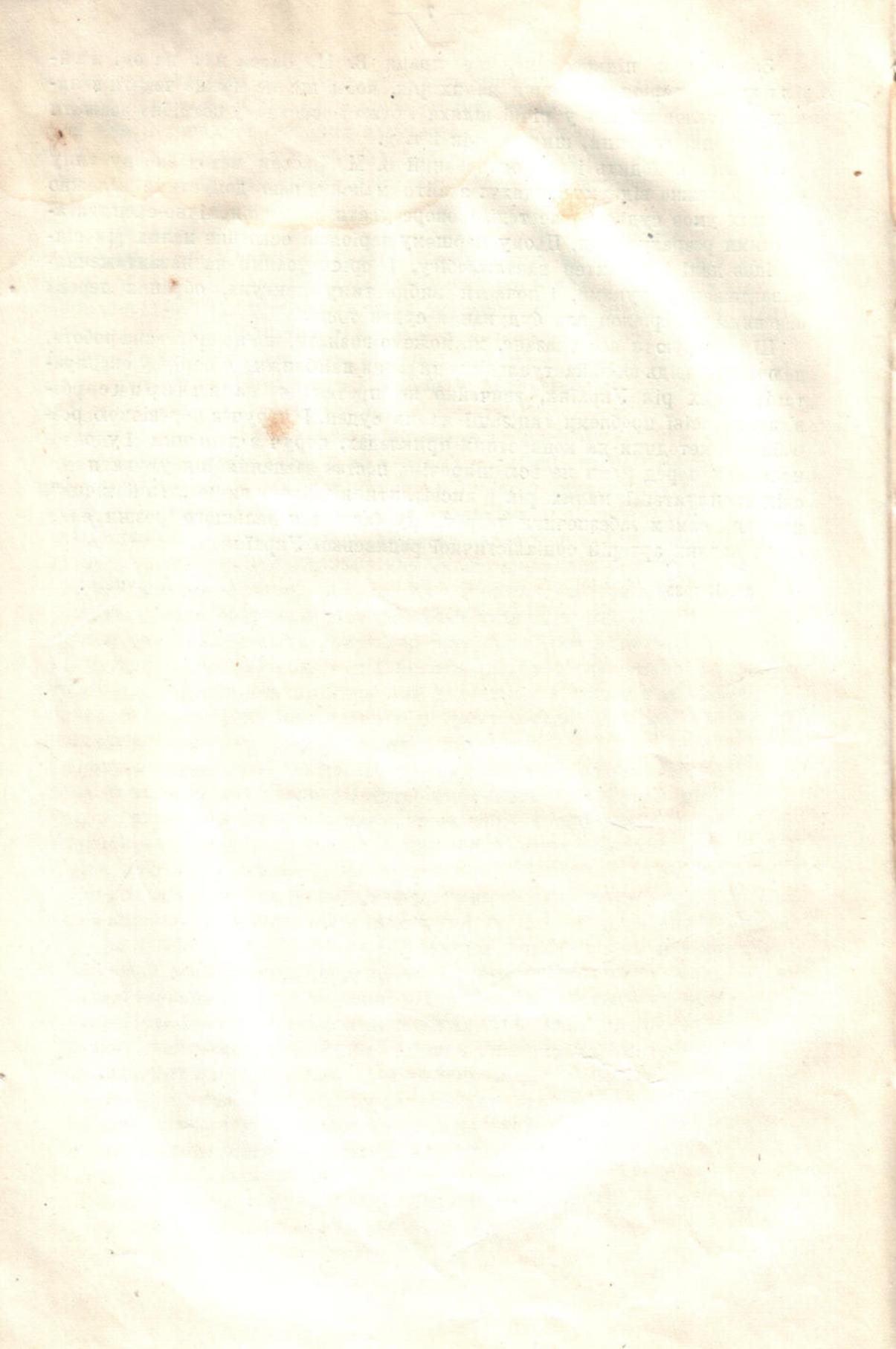
Закінчуєчи підкреслимо, що праця В. М. Засса має на оці найближчій період засвоєння малих рік, коли ще не можна чекати великих капіталовкладень у річні шляхи і отже в основному потрібно зважати на природні глибини, ширину рік і т. д.

З цього виходить і запропонований В. М. Зассом метод вибору типу суден залежно від умов шляху: знайти максимально допустиме залежно від цих умов судно і вже тоді прокорегувати його економічно-експлуатаційними розрахунками. Цьому першому періодові освоєння малих рік відповідає далі і характер вантажообігу, і орієнтування на навантаження-вивантаження руками, і почали вибір типу двигуна, обрання дерева основним матеріалом для будування суден тощо.

Підсумовуючи все сказане, ми можемо визнати, що пропонована робота, даючи відповідь на найактуальніше питання найближчого періоду експлуатації малих рік України, звичайно не претендує на вичерпане розв'язання всієї проблеми типізації малих суден. І поруч з перевіркою розробленої методики на конкретних прикладах, поруч з дальшим її удосконаленням перед нами на всю широчину постає завдання підсумувати до свід експлуатації малих рік і висвітлити відмічені вище „темні місця“, щоб тим самим забезпечити теоретичну базу для дальнього розширення сітки водних артерій соціалістичної радянської України.

20. III 1935

A. Корчагін.



Розділ I

Предмет дослідження

Поруч з магістральними водними шляхами, по яких віддавна провадиться правильне судноплавство, в СРСР є дуже багато невеликих річок, так званих „малих“ (включаючи сюди і верхів'я деяких великих рік і їх головних приток), які до самого останнього часу або були зовсім не судноплавні, перегачені млиновими греблями та перегороженні мостами з низько розташованою над поверхнею води мостовою спорудою, або ж використовувалися тільки для періодичного сплаву деревини. В самій тільки УСРР за даними кол. Укрводгоспу з загального протягу річної сітки 11 306 км тільки близько 20% використовуються для судноплавства, другі 20% використовуються для лісосплаву (періодично), а 60%—6813 км—не використовуються зовсім. Для всього Союзу в цілому картина трохи краща, а саме: 20% використовується для судноплавства, 40%—для лісосплаву і тільки 40% не використовується зовсім, що все таки становить, зрозуміло, дуже значний протяг водних шляхів.

Побіжне обслідування частини цих малих рік, проведене місцевими райвиконкомами, дає повну підставу для висновку, що велика частина їх на значному протязі може бути приведена в судноплавний стан з глибинами, не меншими ніж 0,6—0,7 м, при мінімальних витратах на очищенні русла від перешкод судноплавству (греблі, мости) і на поглиблення його. Зазначені глибини (0,6—0,7 м) і прийняті в цій роботі як мінімальні вихідні для правильної організації експлуатації таких рік.

Транспортне освоєння малих рік є найактуальнішою задачею найближчого часу. Зміцніле соціалістичне сільське господарство потребує дешевого транспорту для транспортування ростучої з кожним роком продукції до великих населених пунктів і на магістральні водні і залізничні шляхи. Численні промислові підприємства і МТС, розташовані в прирічних районах, також мають потребу в дешевому транспорті для одержання потрібних їм матеріалів і нафтопалива і для вивозу готової продукції. Завдання це вже над силу і гужовому транспорту (який до того ж кількісно зменшився на початок другої п'ятирічки), і автомобільному, який до того ж порівнюючи дорогий. Навпаки, з великим успіхом виконання цієї дуже важливої для народного господарства задачі може бути забезпечено водним транспортом по малих ріках, які протікають поблизу колгоспів, радгоспів, МТС і промислових підприємств. Як покаже наше дослідження,

є повна підстава твердити, що собівартість таких перевозок при правильно поставленій експлуатації завжди значно нижча за собівартість автогужових перевозок. Треба відзначити, що для багатьох районів малі ріки є тепер єдино приступним видом сполучення.

Широке використання малих рік для транспортування вантажів втягне до загального вантажообігу найглуухіші кути країни і тим дасть поштовх до інтенсивного розвитку вантажообігу, що є, згідно з постановою XVII З'їзду ВКП(б), однією з найважливіших задач другої п'ятирічки. Зважаючи на це, постанови XVII З'їзду передбачають збільшення довжини судноплавних шляхів за другу п'ятирітку з 84 000 до 101 000 км.

З'їздом встановлюється такий ріст вантажообігу основних видів транспорту: залізничного — з 169 мільярдів тоннокілометрів у 1932 р. до 300 мільярдів тоннокілометрів у 1937 р. (тобто ріст на 77,5%), а річного транспорту — з 26 мільярдів тоннокілометрів до 63 мільярдів тоннокілометрів у 1937 р. (ріст на 142%). Для більш раціонального розподілу вантажної роботи між окремими видами транспорту XVII З'їзд вказує на необхідність збільшення у вантажній роботі країни питомої ваги водного транспорту з 20,7% в 1932 р. до 26,6% в 1937 р. (п. 7 постанови). Щодо цього роль малих рік, які хочі є шляхами місцевого значення, але служать під'їзними шляхами до головних річних магістралей, дуже значна, і без розвитку транспорту по малих ріках збільшення питомої ваги водного транспорту в загальному вантажообігу Союзу навряд чи може бути здійснено в розмірі, наміченому постановами XVII З'їзду.

Дуже характерним прикладом важливості й господарської доцільноти використання малих рік для потреб транспорту може служити експлуатація р. Набутовський цукровий завод, розташований на р. Росі в 12 км від ст. Корсунь (при перетині ріки залізничною лінією) постачається буряками з плантацій, розташованих на віддалі 22—29 км від заводу. Через відсутність тягової сили значна частина буряка гинула, бо не можна було приставити його на завод. Витративши всього щось із 13 000 крб. на приведення дільниці р. Росі, що прилягає до заводу, в судноплавний стан, завод дістав змогу вивезти весь буряк. Собівартість перевезення за даними первого року експлуатації (1930 р.) була висока (від 3,44 коп. до 5,22 коп. за 1 т/км, рахуючи витрати на приведення дільниці ріки в судноплавний стан), але й ця висока собівартість була все таки, зрозуміло, нижча, ніж вартість гужового підвезення. Для перевезення були використані лайби, взяті в оренду у Дніпровського пароплавства, і моторні катери, орендовані в Київського комгоспу. На 1931 р. Набутовським заводом запроектована була значно нижча собівартість перевозок (1,38 коп. за 1 т/км) [20].

Оскільки основним фактором у транспортному освоєнні малих рік є флот, XVII З'їзд ВКП(б) ухвалив: „В корені повинен бути оновлений і реконструйований морський і річний флот, а також розвинуто будівництво мілких суден для використання дрібних рік“ (ухвала по доповіді Молотова і Куйбишева „Про другу п'ятирітку“, розд. I, п. 8, по водному транспорту).

Цільовим настановленням цієї роботи і є проробка методики вибору типів суден для таких рік, стан глибин на яких не допускає насикрізного плавання суден, експлуатованих на великих ріках. Треба застерегтися, що малі ріки, які сполучаються штучними каналами з великими водними магістралями, складаючи частину загального магістрального шляху з значними глибинами, вже не підходять під дане вище визначення „малих“ рік. Наші висновки не можуть бути також цілком застосовані до тих „малих“ рік, які, через комплексне використання їх для потреб меліорації, енергетики і водопостачання, можуть з невеликими витратами, що припадають на транспорт, бути перетворені у глибоководні шляхи, які допускають насикрізне плавання до і від пристанських пунктів, що лежать на магістралі. Обидві останні категорії малих рік ми вважаємо такими, що виходять за межі даного дослідження.

Розділ II

Огляд літератури з даного питання

Спеціальної літератури, присвяченої питанням експлуатації малих рік, немає. Окремі питання, що стосуються нових рік, зачеплюються в працях різних авторів лише мимохідь, головно в зв'язку з питанням про рух суден по каналах. Питання про опір суден рухові в обмеженому водному просторі розглянуто в працях Харитоновича [23], Дормідонтова [7], Звонкова [8], Бекера [1], Карапетова [11]. Окремі питання зачеплені також в „Трудах“ з'їздів російських діячів по водних шляхах (VI, VII і IX з'їзди — доповіді Одінцова, Якубовського, Карапетова) і міжнародних судноплавних конгресів (Гершельман, О заняттях XII Міжнародного судоходного конгресса по вопросу о размерах судоходных каналов, о порядке их эксплоатации и о расположении и устройстве шлюзов). Спроби використання р. Росі для транспорту присвячена стаття проф. Пушечнікова (у „Вісٹях Н.-Д. ін-ту водного господарства“, т. V).

Питання про тип суден для малих рік порушується в плані реконструкції водного транспорту, розробленого бригадою НКВОДу в 1931 р.: « накреслення типів суден несамохідних і самохідних — моторних катерів. »

Починаючи з 1930 р. в періодичній водницькій пресі з'являється ряд статей, присвячених головно питанню про рід двигунів для дрібного катеробудування (див. список використаної літератури). Питанню про застосування газогенераторних двигунів на суднах присвячені праці Всесоюзного науково-дослідного дизельного інституту (Ожигов, Применение наддува в транспортных газогенераторных установках) і Дніпровського відділу Центрального науково-дослідного інституту водного транспорту (Бригада инж. Мельникова, Газогенераторная установка мощностью 300 НР для речного буксирного судна). Це саме питання висвітлено в книзі проф. Гіттіса „Транспортные газогенераторы“ та ін.

З статей в періодичній пресі треба відзначити статтю Ing. D-r Kreis-

tner, Ueber den Schiffswiderstand auf beschränktem Wasser, в якій автор робить спробу дати фізичне пояснення явищ зміни опору судна в обмеженому водному просторі при швидкостях, близьких до „критичної“. Питання „про осадку і швидкість мілких моторних катерів“ у зв'язку з тим самим явищем зростання опору судна при „критичній“ швидкості розглядає Шедлінг у статті, вміщеній в збірнику „Теория и практика судостроения“, вип. VIII. Нарешті, принципово важливому питанню про матеріал для будування катерів присвячена стаття Шедлінга „Дерево или сталь для постройки шлюпок и катеров“ (Збірник „Торговый флот“, № 1, 1929 р.). У цій статті автор детально обґрунтоває економічну і технічну доцільність застосування у нас дерева для будування катерів.

Загальні відомості про шляхові умови рік України запозичені з праці акад. Оппокова [16], а також з відомчих матеріалів (Укрводхоз, Соображення о мероприятиях по транспортному освоению малых рек УССР на 1934 г.) і почасти з матеріалів Київського облплану.

Розділ III

Вплив експлуатаційно-економічних і шляхових умов на вибір типів суден для малих рік

Тип судна, правильно запроектований, повинен максимально відповісти тим умовам, в яких судно провадитиме перевози, бо саме така відповідність забезпечує досягнення найменшої собівартості останніх, яка поки що є головним критерієм для розв'язання питання про правильне ведення транспортного господарства на тій або іншій ріці.

Фактори, що визначають вибір типу судна, можна розбити на дві групи: фактори експлуатаційно-економічні і шляхові. До першої групи залічимо: а) розмір і якісний склад вантажообігу, б) партіонність пред'явлення вантажів до перевезення; в) розподіл вантажообігу по періодах навігації — на весняний, межений і осінній (ступінь нерівномірності вантажообігу), по напрямках (угору і вниз по течії) і по пунктах відправлення і призначення вантажів; г) далекість пробігу вантажів і д) швидкість провадження вантажно-розвантажних робіт.

До другої групи — факторів шляхових — залічимо: а) габарити шляху (глибина, ширина фарватера і радіуси закруглень), б) тривалість навігації, в) швидкість течії і г) трасування шляху.

Розглянемо вплив усіх перелічених факторів на вибір типів суден для малих рік.

1. Вплив експлуатаційно-економічних факторів

Розмір і якісний склад вантажообігу, партіонність

Розмір вантажообігу безпосередньо обумовлює тип суден. Саме ріст вантажообігу викликає ріст найвигіднішої вантажності несамохідних су-

ден і відповідно ріст потужності буксирів, тому що перевезення у великих суднах коштує дешевше з таких причин:

- 1) витрати на утримання баржі, віднесені до тонні корисної вантажності зменшуються із збільшенням вантажності;
- 2) так само зменшуються із збільшенням потужності буксира і витрати на тягу;
- 3) так само зменшується і опір рухові баржі, віднесений до тонні корисної вантажності ($\text{якість баржі} = \frac{R}{Q}$).

Навпаки, використання експлуатаційного періоду, тобто відношення ходового часу з вантажем до тривалості експлуатаційного періоду взагалі, має при цьому тенденцію до погіршення в зв'язку із збільшенням простоїв під вантаженням і розвантаженням; проте, при належному устаткуванні пунктів відправлення і призначення потужними механічними перевантажниками, застосування яких економічно виправдується розміром вантажообігу, тенденцію цю можна перемогти настільки, що кінець-кінцем матимемо значне, порівнюючи з перевезенням в маломірних суднах, зниження собівартості перевозок. Треба відзначити, що, як показують підрахунки, таке зниження собівартості перевозок має границю, після якої починається повільніше збільшення собівартості перевозок. Крива залежності собівартості перевозок від вантажності суден має вигляд, показаний на рис. 1. [18, с. 199].

Застосовуючи сказане до малих рік, треба виходити з характерних для їх вантажообігу рис, а саме — з порівнюючи невеликого розміру його, при тому звичайно дуже різномірного своїм якісним складом¹⁾). Ця обставина, виключаючи можливість застосування складних механічних перевантажників, приводить до необхідності використання ручного перевантаження. Нарешті, вантажі, як загальне правило для малих рік, будуть приставлятись для перевезення невеликими партіями в різних пунктах, залежно від розташування колгоспів і радгоспів. Зрозуміло, партіонність вантажів можна збільшити, збудувавши складські приміщення, де вантажі скупчувались би до відправлення їх, але при загальних невеликих розмірах вантажообігу окремих пунктів, утримання складів було б економічно невигідне. Перелічені характерні риси вантажообігу малих рік приводять до неекономічності експлуатації великих суден і крива ab (рис. 1) дає мінімум собівартості в зоні малих щодо вантажності суден, що цілком відповідає невеликим шляховим габаритам.

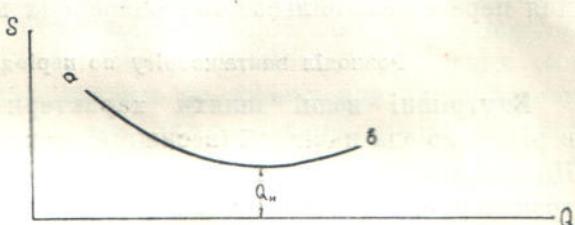


Рис. 1. Графік залежності собівартості перевозок від вантажності суден

¹⁾ Наведений вище приклад перевозок по Росі свідчить, що на окремих дільницях рік вже на перших стадіях освоєння може бути зовсім інший характер вантажообігу (Ред.).

Різномірний якісним складом і невеликим розмірами вантажообіг унеможливлює розвинуту спеціалізацію тоннажу. Зважаючи на це, тоннаж повинен бути двох основних типів: відкритий (безпалубний) для перевезення навальних вантажів, які не бояться підмочування (камінь, пегла, пісок, дерево) і закритий (з палубою або дахом) — для перевезення вантажів, що псуються від атмосферних опадів, як наприклад, хлібних (зерно, борошно), солі, цукру, деяких видів городини (картопля), фруктів та ін. Крім того, для окремих рік, які можуть бути використані для постачання пального машинно-тракторним станціям, треба передбачити наливні баржі для перевезення наливом в корпус судна бензину, гасу, лігроїну і мастильних масел. Нарешті, потрібні будуть спеціальні судна для перевезення сільськогосподарських машин.

Розподіл вантажообігу по періодах навігації і напрямах

Внутрішні водні шляхи характеризуються непостійністю глибин в різні періоди навігації (весняний, меженний і період осіннього паводка). Ця властивість рік приводить до того, що відмінно від сухопутного транспорту, найвигіднішим для річного транспорту є нерівномірний розподіл вантажообігу по періодах навігації з перенесенням центра ваги перевозок на більш глибоководні періоди весняних вод і осіннього паводка. Негативний бік високого горизонту води, — збільшення швидкості течії, зрозуміло, повинен бути врахований, але, як загальне правило, переважають вигоди використання природних, збільшених порівнюючи з меженними, глибин. Ця можливість досягнення збільшеної вантажності судна у весняний період (а в меншому розмірі і в період осіннього паводка), при умові відповідного розподілу вантажообігу, має наслідком зменшення потреби у флоті для переробки даного вантажообігу, отже й зменшення собівартості перевозок. Для використання весняних глибин будують судна з будівельною осадкою, яка значно перевищує так звані „нормовані“ меженні глибини. Цим пояснюється тип дніпровського гончака з висотою борта 2,1 м, який припускає граничну осадку з вантажем (при наявності „козирка“) до 1,8 м, тоді як нормовані глибини — від 0,85 до 1,25 м.

Зроблені при складанні плану реконструкції водного транспорту підрахунки для встановлення найвигіднішої будівельної осадки (і висоти борта) за мінімумом собівартості перевозок (і мінімумом капіталовкладень) привели до того, що найвигідніша висота борта повинна перевищувати нормовані глибини на 1—1,5 м. Інженер Л. Е. Лівен¹⁾ на конкретному випадку експлуатації дільниці Волги від Астрахані до Камського гирла, де плавання можливе протягом усієї навігації при осадці 2,3 м, зробивши відповідні обчислення, прийшов до висновку, що найвигіднішою мінімумом собівартості будівельною осадкою є 3,3—3,5 м, тобто до висновку, що цілком збігається з наведеним вище висновком бригади, яка розробляла план реконструкції.

Хоч фактор цей загалом зберігає свій вплив в розумінні збільшення продуктивності протягом навігації і для малих рік, але кінець-кінець

¹⁾ „Водный транспорт“, № 11, 1933

незначний час стояння високих вод і специфічний ріст опору в зв'язку з обмеженістю фарватера — з одного боку, а також зв'язане із збільшенням вантажності зменшення ходового часу з вантажем (при постійній швидкості вантажних робіт) і збільшення річної вартості утримування суден — з другого боку, як показують підрахунки (див. розд. X), може привести до збільшення собівартості перевозок, тобто рентабельнішим може виявиться тип суден з висотою борта, прийнятою за меженими або середніми за навігацію глибинами.

Таким чином при проектуванні типів суден повинне бути розв'язане питання про встановлення для даних експлуатаційних умов найвигіднішої висоти борта, щоб, з одного боку, максимально використати високі весняні води через збільшення граничної вантажної осадки, а з другого боку, не збільшувати мертвової ваги судна при низьких межених глибинах. Інакше кажучи, завдання сходить до визначення оптимального співвідношення між висотою борта і глибинами в різні періоди навігації для досягнення найменшої собівартості перевозок (і мінімуму капіталовкладень в будівництво потрібного флоту) і розв'язується шляхом варіантних підрахунків собівартості перевозок у суднах однакових розмірів в плані, але з різною будівельною осадкою, для даних конкретних експлуатаційних умов.

Крім зазначененої нерівномірності в розподілі вантажообігу по періодах навігації, треба ще відзначити вплив на тип суден нерівномірності вантажопотоку всередині цих періодів.

Ця нерівномірність примушує збільшити кількість потрібного флоту, частина якого є резервом, експлуатованим тільки в ті місяці, коли зростає вантажообіг. Так, для виконання перевозки P тонн вантажу протягом одного якогонебудь періоду тривалістю T місяців, потрібна (при здійсненні перевозок в типовій валці з двох суден вантажністю Q тонн, при кількості n обертів валки протягом одного місяця, при умові рівномірності вантажопотоку) кількість суден становитиме:

$$K = \frac{P}{TnQ},$$

а при нерівномірному вантажопотоці з коефіцієнтом нерівномірності a (рівним відношенню максимального надходження вантажу протягом якогонебудь місяця до середньо-місячного надходження того самого вантажу) потрібна буде кількість суден

$$K_1 = \frac{Pa}{TnQ},$$

тобто в a раз більша.

Зрозуміло, частина цих суден в решту місяців може бути використана для інших перевозок, але частина лишиться резервом, який вводиться цілком тільки в місяць максимального надходження вантажу. В зв'язку з цим зростає загальний простійний час, зменшується ефективне використання експлуатаційного часу (відношення ходового часу до загальної тривалості навігації $\frac{t_{\text{ход}}}{T_{\text{нав}}}$), а при таких умовах виявля-

ються менше вигідними судна великих розмірів, вартість утримання яких за абсолютною величиною висока і які можуть бути рентабельні тільки при забезпеченні відносно рівномірного потоку вантажів. У цьому ж таки напрямі впливає і більша трудність використання великих суден для інших перевозок в період ослаблення вантажопотоку, для якого вони призначені. Оскільки така нерівномірність вантажопотоку матиме місце на малих ріках, вона впливатиме в бік зменшення розміру суден, тобто в тому самому напрямі, в якому впливають обмежені шляхові габарити.

При проектуванні типів суден треба враховувати також розподіл вантажообігу по напрямах. Рівномірне завантаження суден в обох напрямах забезпечує максимальне використання експлуатаційного періоду для ходу з вантажем, а звідси виникає тенденція до експлуатації суден з великою вантажністю, оскільки це припускається іншими умовами експлуатації (швидкість вантажно-розвантажних робіт, далекість перебігу та ін.). Однобічний вантажопотік впливає в зворотному напрямі: через збільшення непродуктивної витрати часу на хід з порожніми суднами стає невигідним збільшення вантажності суден (при постійній швидкості вантажних робіт). До цього питання ми повернемось нижче, розглядаючи вплив швидкості течії.

Далекість перебігу

Далекість перебігу є один з найважливіших факторів, вплив якого на тип судна, а саме на розмір найвигіднішої вантажності, особливо великий. Правда, для малих рік величинадалекості перебігу в абсолютних цифрах загалом незначна, але відносні коливання цієї величини і на малих ріках дуже великі. Так, за даними кол. Укрводгоспу, далекість перебігу коливається від 10 до 40 км.

Збільшеннядалекості перебігу викликає збільшення ходового часу, отже й продуктивності валки за один оберт. Число обертів за навігацію в наслідок збільшення тривалості оберту зменшується, бо

$$t_{ob} = \frac{l}{v_{BB}} + \frac{l}{v_{BH}} + \frac{4EQ}{A't} + t_{in} = t_{ход} + t_{вант} + t_{in}$$

Проте зменшення числа обертів в умовах стабільності $t_{вант}$ відстає від збільшення ходового часу, а тому навігаційна продуктивність валки при інших рівних умовах із збільшеннямдалекості перебігу зростає, що приводить до зниження собівартості перевозок. Дійсно, число обертів за навігацію

$$n = \frac{T_{nav}}{t_{ob}} = \frac{T_{nav}}{\frac{l}{v_{BB}} + \frac{l}{v_{BH}} + t_{вант} + t_{in}}, \quad (1)$$

продуктивність валки за навігацію при двобічному вантажопотоці

$$P_1 = 2EQln = \frac{2EQlT_{nav}}{\frac{l}{v_{BB}} + \frac{l}{v_{BH}} + t_{вант} + t_{in}} \quad (2)$$

(де E — коефіцієнт використання вантажності).

Перетворюючи вираз (2), одержуємо таку залежність:

$$P_1 = \frac{2EQT_{\text{нав}}}{\frac{1}{v_{\text{БВ}}} + \frac{1}{v_{\text{БН}}} + \frac{t_{\text{вант}} + t_{\text{ін}}}{l}} \quad (3)$$

При всіх інших стаціонарних величинах і змінній l продуктивність змінюється в тому самому напрямі, як і далекість перебігу¹⁾.

Вплив далекості перебігу тим більший, чим менша швидкість вантажно-розвантажних робіт, а саме з невеликою інтенсивністю останніх ми зустрінемось на малих ріках, зважаючи на різномірність вантажообігу і невеликі кількості різного роду вантажів, які не пропускають застосування складних механічних перевантажників.

Проілюструймо сказане прикладом. Хай перевіз провадиться в суднах вантажністю 50 т на перебігу 10 км і 40 км, при чому в напрямі вгору проти течії — з вантажем, а вниз — порожняком. Приймімо швидкість буксирування (в спокійній воді) в 5 км/год $\sim 1,4$ м/сек, швидкість течії — 0,7 м/сек. Тоді швидкість руху вгору проти течії дорівнюватиме 2,5 км/год (зважаючи швидкість течії рівномірною), а вниз за течією — 7,5 км/год. Візьмімо далі швидкість вантажних робіт в двох варіантах — 100 т на добу і 200 т на добу. Обчислімо відношення продуктивності валки, що складається з одного судна, для обох випадків. Приймаємо, що перевозка (напр. цукрового буряка) повинна бути виконана за $2\frac{1}{2}$ місяця, тобто за 75 діб. Величину інших простотів (крім простотів під навантаженням і вивантаженням) приймімо для несамоходного судна рівною 30 % часу оберту (див. табл. на с. 18). З доданої таблиці видно, що зниження перебігу веде до зменшення продуктивності тим більшого, чим менша норма вантажно-розвантажних робіт, а отже й до збільшення собівартості перевозок. А саме, при перебігу, що зменшився в чотири рази, продуктивність валки зменшується в 2,1 раза при нормі вантажних робіт 200 т на добу і в 2,6 раз при нормі 100 т на добу.

Щодо собівартості перевозок, то вона зменшується із збільшенням далекості перебігу, але не в тому ж самому відношенні, в якому збільшиться продуктивність, оскільки витрати на утримання буксира будуть при більшому перебігу, в з'язку з збільшенням ходового часу, трохи більші.

Після зробленого вище аналізу впливу далекості перебігу на продуктивність валки і собівартість перевозки, вже не важко прийти до висновку про вплив цього фактора на вибір типу судна. Оскільки зменшення далекості перебігу приводить кінець-кінцем до зменшення ходового часу і збільшення простою, то при таких перевозках невигідне використання суден більших розмірів, чимала вартість утримання яких ляже тягарем на собівартість перевозок.

Зважаючи на те, що швидкість вантажних робіт на малих ріках можна прийняти постійною (в границях від 100 до 200 т на добу), то природним є намагання при зменшенні середнього перебігу експлуатувати судна

¹⁾ В дійсності $t_{\text{ін}}$ залежить від l , але на характер залежності P_1 від l це не впливає.

меншої вантажності, щоб цим шляхом зменшити простій під вантажними роботами і таким способом досягти близької до переднішої собівартості перевозок. Кажемо „близької“, а не однакової собівартості, тому, що зменшенням вантажності (при постійній швидкості вантажних робіт) можна досягти збільшення навігаційної продуктивності суден, але навіть при досягненні однакової продуктивності собівартість перевозки в малих суднах виявилась би вищою в наслідок відносно вищої вартості їх утримання і збільшення витрати на тягу через гіршу „якість“ $\left(\frac{R}{Q}\right)$ більше) малих барж порівнюючи з великими.

**Розрахунок продуктивності і ходового часу (з вантажем) валки,
що складається з одного судна вантажністю 50 т**

Елементи використання експлуатаційного часу судна	Далекість перебігу		Далекість перебігу	
	Норма вантажних робіт:			
	10 км	40 км	100 т/доба	200 т/доба
Хід угору з вантажем (діб)	0,16	0,16	0,67	0,67
Хід униз з порожнім судном	0,06	0,06	0,22	0,22
Навантаження і вивантаження	1,00	0,50	1,00	0,50
Інші простої	0,52	0,31	0,81	0,57
Повний час оберту	1,74	1,03	2,7	1,67
Число обертів (за 75 діб)	43	73	28	38
Тонно-кілометрова робота	21 500	36 500	56 000	76 000
Ходовий час з вантажем	6,88	11,68	18,76	25,46
В % від 75 діб	9,15	15,6	25	34

Цей впливдалекості перебігу практика давно враховувала, і завжди можна прослідкувати, що на місцеві перевозки на невеликому перебігу ставлять менші вантажністю судна. Вигідність зменшення вантажності суден при зменшенні далекості перебігу можна проілюструвати такою таблицею порівняльного розрахунку продуктивності суден вантажністю 25 і 50 т на перебігу 10 км при швидкості вантажних робіт 100 т на добу (див. табл. на с. 19).

Два судна, вантажністю по 25 т, дають продуктивність (при умовах наведеного вище прикладу) в 1,65 раза більшу, ніж одне судно, вантажністю 50 т.

Швидкість вантажно-розвантажних робіт

Цей дуже важливий фактор визначає основний елемент простійного часу — простій під вантажно-розвантажними роботами. Збільшення швидкості перевантажних робіт (так коротко називатимемо тут вантажно-розвантажні роботи) приводить до зменшення простійного часу, до збільшення в зв'язку з цим числа обертів, а отже й ходового часу, протягом

Розрахунок продуктивності судна при перевозці на перебігу
10 км протягом 2,5 місяців (75 діб)

Елементи використання експлуатаційного часу	Вантажність 50 т	Вантажність 25 т
Ходовий час угору	0,16	0,16
Ходовий час уніз	0,06	0,06
Час на вантажно - розвантажні роботи	1,00	0,5
Інші простої	0,52	0,31
Тривалість оберту	1,74	1,03
Число обертів	43	73
Продуктивність	21 500	18 250

якого тільки їй відбувається транспортна робота. Це видно з рівняння часу оберту при односторонньому вантажопотоці: ¹⁾

$$t_{\text{об}} = \frac{2EQ}{A_T} + \frac{l}{v_{\text{вн}}} + \frac{l}{v_{\text{ви}}} + t_{\text{ін}} = t_{\text{вант}} + t_{\text{ход}} + t_{\text{ін}}$$

Із зменшенням $t_{\text{вант}}$ при інших рівних умовах зменшується $t_{\text{об}}$, отже їй збільшується число обертів $n = \frac{T_{\text{нав}}}{t_{\text{об}}}$, а разом з ним ходовий час з вантажем і транспортна продукція. Зрозуміло, зменшення швидкості перевантажних робіт дає протилежний ефект.

Залежність часу простою під перевантажними роботами від швидкості вантажних робіт виражається рівнянням:

$$t'_{\text{вант}} = \frac{2EQn}{A_T} \quad (1), \text{ або } t'_{\text{вант}} = \frac{4EQn}{A_T}, \quad (1')$$

де

$$n = \frac{T_{\text{нав}}}{t_{\text{об}}} = \frac{T}{t_{\text{ход}} + t_{\text{вант}} + t_{\text{ін}}} \quad (2)$$

(тут $t'_{\text{вант}}$ — час простою під перевантажними роботами протягом усієї навігації, а $t_{\text{вант}}$ — протягом одного оберту). Звідси

$$t'_{\text{вант}} = \frac{4EQT}{(t_{\text{ход}} + t_{\text{вант}} + t_{\text{ін}}) A_T} \quad (3)$$

Приймаючи інші простої в розмірі 15% від ходового часу і часу на перевантажні роботи [10, с. 155], знаходимо:

$$t_{\text{вант}} = \frac{3,48 EQT}{t_{\text{ход}} A_T + 4EQ} \quad (4)$$

¹⁾ При двосторонньому рівномірному вантажопотоці член перший дорівнюватиме $\frac{4EQ}{A_T}$.

Дослідімо рівняння (4) залежності $t'_{\text{вант}}$ від A_T при інших сталих величинах ($E, Q, T, t_{\text{ход}}$). Дослідження показує, що функція ця являє рівносторонню гіперболу.

Коли $A_T = \infty$, то $t'_{\text{вант}} = 0$, тобто за одну з асимптот править вісь x -ів (A_T).

Друга асимптота — пряма, паралельна осі y ($t_{\text{вант}}$) на віддалі $-\frac{4EQ}{t_{\text{ход}}}$, бо при $A_T = -\frac{4EQ}{t_{\text{ход}}}$ матимемо $t_{\text{вант}} = \infty$. Ця асимптота фізичного змісту не має.

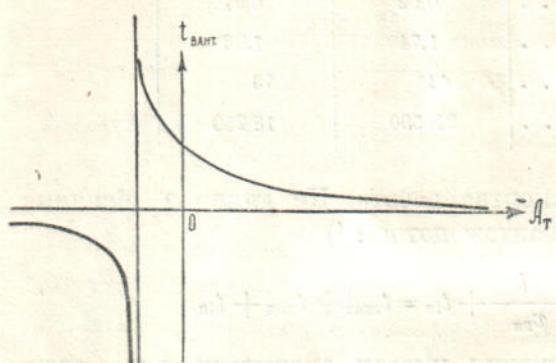


Рис. 2. Графік залежності $t'_{\text{вант}}$ від швидкості вантажно-розвантажних робіт.

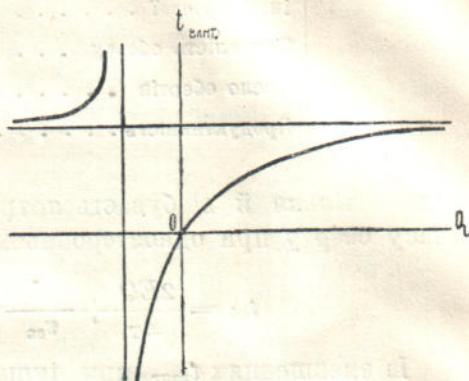


Рис. 3. Графік залежності $t'_{\text{вант}}$ від вантажності судна.

Залежність $t'_{\text{вант}}$ від корисної вантажності Q при інших сталих величинах з того самого рівняння (4) виражається формулою

$$t'_{\text{вант}} = \frac{aQ}{c + eQ}$$

Ця залежність також являє собою рівносторонню гіперболу, одна вітка якої проходить через початок координат (коли $Q = 0$, то і $t'_{\text{вант}} = 0$), і асимптотою в першій чверті служить пряма, паралельна осі x (Q), рівняння якої

$$t'_{\text{вант}} = \frac{a}{e}$$

Рівняння другої асимптоти

$$Q = \frac{c}{e}$$

Вплив швидкості вантажних робіт на продуктивність валки, а отже і собівартість перевозок, дуже великий. Звідси робимо висновок про великий вплив цього фактора на вибір типу суден. Збільшення швидкості вантажних робіт, маючи наслідком зменшення простоїв, робить рентабельним судна великої вантажності (так, в проекті Великої Волги передбачаються судна до 22—25 тис. т вантажності). Проте, для малих рік фактор цей при виборі найвигіднішого типу суден не має вирішального значення з таких причин:

1) Різнопідність і невелика величина вантажообігу робить нерентабельним застосування потужних механічних перевантажників, які обумовлюють велику швидкість вантажно-розвантажних робіт. На малих ріках доцільно буде застосування лише найпростіших перевантажників, які служать тільки для полегшення перевантажних робіт і дають швидкість роботи, що мало різнятися від швидкості перевантаження руками. Зважаючи саме на це, при дальших розрахунках прийнята швидкість вантажних робіт від 100 до 200 *m* на добу.

2) Ріст вантажності на малих ріках обмежений габаритами шляху далеко тісніше, ніж на магістральних водних шляхах.

2. Вплив шляхових факторів

Габарити шляху

Обмежені шляхові габарити обмежують рух по малих ріках аналогічним рухом по каналах, і тому при проектуванні суден для малих рік треба врахувати дані, одержані при дослідженні суден на каналах.

Дослідження ці провадили цілий ряд дослідників (де-Маас, Енгельс, Геберс, Тіель, Крей, у нас НТС НКШ та ін.). В основному виводи їх стосуються питання про опір рухові, який в обмеженому водному просторі — на каналі — значно більший, ніж на необмеженому, яким можна вважати ріку з великою шириной фарватера. На цьому питанні про опір я спинюсь докладніше нижче (див. розділ „Опір рухові“). Тут конче треба відзначити, що всі дослідники надають надзвичайно великого значення запасу води під днищем, бо в обмеженому водному просторі близькість дна робить дуже великий вплив на опір рухові суден. Зрозуміло, збільшення цього запасу глибини під днищем викликає збільшення будівельної вартості каналу і тут повинне бути знайдене оптимальне співвідношення між розмірами судна і каналу, при якому була б одержана найменша собівартість перевозок при даному вантажообігу.

Велика важливість достатнього запасу води під днищем судна для малих рік стверджується поставленими в самий останній час дослідами Гамбурзького дослідного басейну. Ці досліди виявили, що при певній для кожної глибини швидкості судна відносно води цей вплив дна приводить до того, що опір судна при русі вгору проти течії стає менший, ніж опір того самого судна в спокійній воді, а при русі вниз за течією — більший за опір в спокійній воді. Цей несподіваний ефект яскраво показує, наскільки великий може бути вплив дна.

Досліди над рухом суден по каналах привели до постанов міжнародних судноплавних конгресів [Віденського в 1888 р. і Філадельфійського (ХІІ) в 1912 р.] про мінімальне відношення площини живого перерізу каналу до площини зануреної частини міделевого перерізу судна, при якому припустимий рух суден по каналах. Це мінімальне відношення прийнято рівним 4.

Зважаючи на специфічні умови судноплавства по каналах (утворення хвилювання, ріст опору), поставлено було питання про максимально до-

пустиму швидкість руху. Майже одностайною думкою делегатів різних країн на XII Міжнародному судноплавному конгресі (Енгельс, Пузиревський та ін.), основаною на результатах лабораторних досліджень (Енгельс) і дослідження в каналах (Пузиревський) була думка, що максимальна допустима швидкість при русі по каналах є від 5 до 7 км/год (як з погляду розмиву берегів каналу, так і з погляду опору). Питання про максимальну допустиму швидкість руху з погляду опору буде розглянуто нижче в розділі IV.

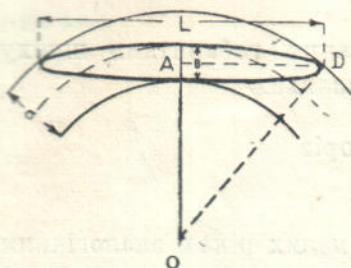


Рис. 4. Визначення граничної довжини судна для даного радіуса закруглення.

така залежність:

$$C = 1,3 \cdot 2 B,$$

де:

C — ширина русла на рівні днища судна, а B — ширина судна.

Найменший радіус кривизни обмежує довжину судна, при якій воно може бути вписане в закруглення.

Теоретичне визначення граничної довжини проводиться згідно з рис. 4, із співвідношень між елементами рисунка, а саме [10, с. 39], тр-ка ОАД:

$$\left(R + \frac{a}{2} \right)^2 = \left(R - \frac{a}{2} + \frac{B}{2} \right)^2 + \left(\frac{L}{2} \right)^2,$$

де a — ширина русла.

Приймаючи відношення $\frac{L}{R} = d$, одержуємо квадратне рівняння, розв'язання якого дає:

$$B = \frac{(a - 2R) + \sqrt{(a - 2R)^2 - 8Ra(1 + d^2)}}{1 + d^2}$$

Проте, вплив радіуса закруглення оцінюють за практичними міркуваннями: за Звонковим [35], радіус закруглення повинен бути рівний потрійній довжині судна. Практика задовольняється подвійним відношенням.

Швидкість течії

Другий дуже важливий фактор, що має величезний вплив на тип суден — це швидкість течії. Відомий вплив цього фактора на тип дніпровського судна (гончака), як і взагалі на виникнення типу „сплавних“ суден. Саме переважний напрям вантажопотоку вниз за течією привів до нехтування обводами і до намагання одержати можливо більшу при певній

осадці корисну вантажність. Звідси й виник тип сплавного судна з відношенням $\frac{L}{B}$ до 2,5. Зміна ж економічних умов, з'явлення ряду вантажів з напрямом вгору проти течії поставило на чергу питання про зменшення опору рухові судна шляхом збільшення відношення довжини до ширини до 3,5—4 і поліпшення носового й кормового обрисів (збільшення довжини носового і кормового погонів).

Тут треба відзначити, що вплив швидкості течії для малих рік має менше значення, тому що сама величина швидкості течії на малих ріках, освоюваних для транспорту (як загальне правило) порівнюючи незначна.

Не маючи змоги докладно розглядати зараз питання про вплив швидкості течії на швидкість руху і опір рухові суден, яке повинне бути предметом спеціальної розробки, — обмежмо характеристику цього фактора встановленням таких основних положень щодо впливу швидкості течії на тип судна.

1) При низовому (односторонньому) вантажопотоці вантажність суден зростає і обриси їх простіші.

2) При верховому і двосторонньому — вантажність зменшується і потрібний пильніший вибір обрисів для зменшення опору.

3) Потужність самохідних суден для досягнення певної швидкості відносно берега при русі вгору проти течії зростає, бо, приймаючи (при рівномірній швидкості течії), що

$$w_{\text{бер}} = v \mp c,$$

де v — швидкість у спокійній воді, а c — швидкість течії, знаходимо, що

$$v = w_{\text{бер}} \pm c,$$

де знак + для руху вгору проти течії, а знак — для низового руху, тобто для руху вгору потрібна збільшена потужність

$$N_i = \frac{R(v + c)^4}{75\eta}$$

Тривалість навігації

- Тривалість навігації є фактор, вплив якого також повинен бути врахований при проектуванні типів суден. Більша тривалість навігації приводить до збільшення ходового часу з вантажем, протягом якого тільки і відбувається корисна транспортна робота, і до зменшення зимової перерви, витрати протягом якої є в значній частині накладними.

Зважаючи на це, повинна бути врахована тенденція до збільшення розмірів суден (при інших різних умовах) для тих малих річок, де тривалість експлуатаційного періоду відносно більша. Навпаки, для рік, по яких перевозки в суднах можуть відбуватися або тільки весною (за станом глибин), або тільки протягом другої частини навігації (через використання річки під час стояння великих вод для лісосплаву), треба виби-

¹⁾ Спосіб обчислення R подано нижче, в розд. IV.

рати менші розмірами судна, собівартість утримання яких абсолютною величиною менша, а тому і збільшення простійного часу менше відіб'ється на собівартості.

Вплив тривалості навігації на собівартість перевозок аналітично може бути виражений так.

Поділивши всі витрати, зв'язані з експлуатацією, при тривалості назінавігації T , на залежні від руху — $P_{\text{зал}}$ і незалежні від розмірів руху — $P_{\text{нез}}$ і позначаючи тривалість навігації через T і T_1 (де $T_1 > T$), а зроблену протягом валової доби тоннокілометрову роботу через Ql , знаходимо собівартість тоннокілометра для будьякої тривалості навігації:

$$x_1 = \frac{P_{\text{нез}} + P_{\text{зал}}}{T Q l}$$

та

$$x_2 = \frac{P_{\text{нез}} + P_{\text{зал}} \frac{T_1}{T}}{T_1 Q l}$$

Відношення

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{\frac{T}{T_1} + P_{\text{зал}}}{P_{\text{нез}} + P_{\text{зал}}},$$

Тому що $\frac{T}{T_1} < 1$, то $x_2 < x_1$

[10]

Природна траса шляху

Природна траса шляху, звивистість малих рік, повинна бути врахована як фактор, що впливає на зменшення найвигідніших розмірів суден, бо звивистість збільшує опір суден рухові. Робити ж випрямлення петель, зв'язане з великими витратами, в першому етапі експлуатації малих рік буде невигідно.

Розділ IV

Опір рухові суден по малих ріках і спосіб обчислення його величини

Опір рухові суден

Переходимо до дуже важливого питання, що виникає при проектуванні суден для малих рік, — опору води рухові і способу обчислення його величини.

Над питанням про дослідження опору рухові суден в обмеженому водному просторі (головно по каналах) працював ряд дослідників, починаючи з 20-х років минулого століття. Особливо важливі роботи де-Маса, Енгельса, Крея, Тіеля, Геберса, Базена, Дітце та ін. Вони встановили факт значного зростання опору (і зменшення в наслідок цього швидкості судна) при переході від необмеженого водного простору, яким можна вважати ріку з достатньою шириною фарватера, в обмежений — канал або

малу ріку при незмінному числі обертів машини. Так, за Бекером втрата швидкості при переході від необмеженої води до каналу, при однаковому числі обертів машини в обох випадках, показана в наведеній нижче таблиці.

Відношення площі живого перерізу до площі зануреної частини мідель-шпангоута . .	5	6	7	8	9	10
Процентна втрата швидкості . .	41	29	21	15	10	7

Ряд дослідників намагались дати формулу для відношення або різниці опору в обмеженому і необмеженому водному просторі. Так, за Белінгратом

$$\frac{R}{r} = \left(\frac{m}{m-1} \right)^2,$$

де m — відношення площі живого перерізу до площі зануреної частини міделя.

За Дюбюа

$$\frac{R}{r} = \frac{8 \cdot 46}{m+2}$$

За Бекером

$$R - r = 9,5 A_m \left(\frac{v}{m-1} \right)^2,$$

де:

A_m — площа зануреної частини міделя в кв. футах;

v — швидкість в географічних мілях за годину;

$R - r$ в англійських фунтах.

Перетворюючи цю формулу в метричні міри, одержимо:

$$R - r = 0,84 A_m \left(\frac{v}{m-1} \right)^2,$$

де:

$R - r$ в кг;

v — в км/год;

A_m — в m^2 .

Ця остання формула правильніше визначає дійсну залежність, тому що дас різницю опорів, як функцію не тільки відношення площ живого перерізу і змоченого міделя, а й швидкості.

Як показали безпосередні досліди, опір починає помітно зростати з швидкості $v = 1 \text{ м/сек}$. Так, за дослідами де-Маса¹⁾ при швидкості $0,75 \text{ м/сек}$ опір зростає на 3%, при швидкості 1 м/сек — на 11% і при швидкості $1,25 \text{ м/сек}$ — на 20%. При швидкості $0,5 \text{ м/сек}$ збільшення опору зовсім не було помітно (доповідь Карапетова на VI з'їзді російських діячів по водних шляхах).

Щоб показати, яких розмірів доходить ріст опору в каналах залежно від швидкості, наведімо результати випробування моделей буксируючих

¹⁾ При $m = 8,31$.

мотокатерів у Німеччині: а) при швидкості 10 км/год (2,8 м/сек) для глибокої води потрібно було 14 тягових сил¹⁾, а для каналу — 28 тягових сил, тобто вдвое більше; б) при швидкості 13 км/год для каналу вже треба було вшестеро більше, ніж для глибокої води. Для швидкості буксирування в 5 км/год помітної різниці в опорі майже не було.

Дуже важливо знати, при яких значеннях m і v збільшення опору вже не почувається. Це питання досить з'ясовано при випробуваннях суден. А саме, за Карапетовим, ріст опору став непомітним при малих швидкостях (менших за 1 м/сек) вже при m рівному 7—8; при швидкості $v=1$ м/сек ріст опору непомітний при m рівному 10—12, а при $v=2$ м/сек лише при $m = 20$.

Для нашої задачі інтересні результати, до яких прийшов де-Мас на основі своїх досліджень. Він відзначає, що відношення опорів у каналі

і в необмеженій воді $\left(\frac{R}{r}\right)$ таке:

- а) для суден з легким ходом воно більше, ніж для суден упористих;
- б) воно збільшується із зменшенням m ;
- в) воно збільшується із збільшенням швидкості руху судна;
- г) воно залежить також від обрису поперечного профіля каналу і характеру його стінок.

Переходячи до причини збільшення опору в каналі із збільшенням швидкості, можна вважати встановленим, що такою причиною є ріст однієї з трьох складових частин опору, а саме — хвилевого опору, тому що під час руху судна по стіненному руслу утворюється хвиля (переносна)²⁾. Вода, збурена рухом судна, відбивається від дна і стінок каналу і стає на шляху судна. Мала глибина каналу і тертя об його стінки обмежують швидкість її поширення, і чим менша швидкість переносної хвилі і чим більша швидкість руху судна, тим більше підіймається вода перед судном.

Для того щоб уникнути збільшення цією хвилею опору, треба, щоб швидкість руху судна була менша, ніж швидкість поширення хвилі. Саме цим явищем і викликано обмеження швидкості руху по каналах. Так, Інженерною радою (довоєнного часу) були припущені такі граничні швидкості руху по Маріїнській системі:

- 1) для буксирних пароплавів з валкою 30 000 пудів (500 м) — 3 вер. за годину (3,2 км/год);
- 2) для окремих пароплавів — 5 вер. за годину (5,3 км/год).

За доповіддю російського представника на XII Міжнародному судноплавному конгресі інженера Пузиревського, згідно з дослідами, проведеними на приладозьких каналах, при відношенні площині живого перерізу

¹⁾ Якщо тягове зусилля позначити через F , то тягова потужність $N_m = \frac{Fv}{75}$.

²⁾ Явище це було помічено англійським корабельним інженером Скотт-Росселем ще в 1834 р.

каналу до площині зануреної частини міделя $\frac{\Omega}{\omega} = m = 5$ швидкість може бути припущенна до 4,8 км/год.

Висновок інж. Пузиревського, до якого він прийшов в результаті вивчення дослідів, такий: відношення m повинне бути не менше з або 4, щоб судно могло рухатися із швидкістю 4—5 км/год.

На тому самому XII Міжнародному судноплавному конгресі Енгельс відзначив, що лабораторні спроби з очевідностю з'ясували неможливість хоч трохи помітно збільшувати швидкість руху суден по каналах понад 5 км/год.

Фізичне пояснення описаного явища може бути дано в такому вигляді [1].

При плаванні по обмеженому фарватеру відбувається зниження тиску, яке виявляється у формі падання рівня води коло мідель-шпангоута, і таким чином утворюється дальше обмеження потоку під днищем. Коли запас води під днищем незначний, то зазор цей, із збільшенням швидкості, зменшується доти, доки кіль потягнеться по дну. Вироутворення при цих умовах, зрозуміло, зростає разом із швидкістю і, як наслідок цього, стається збільшення опору.

Саме наявністю цього явища викликана думка Дітце про те, що для малих рік з малими глибинами більше підходять буксирні валки, ніж швидкохідні судна.

Теоретичне розв'язання питання про утворення хвиль збурюючим центром, який рухається по поверхні води з обмеженою глибиною, належить Гавелоку [23].

За Гавелоком виходить, що картина хвилеутворення на мілкій воді визначається величиною параметра $\frac{v}{\sqrt{gh}}$, де v — швидкість руху судна,

а h — глибина. При значеннях параметра $\frac{v}{\sqrt{gh}}$, менших за 0,7, картина хвилеутворення та сама, що й при необмеженій глибині, і опір рухові судна зростає, спочатку повільно, при збільшенні швидкості v . Коли величина параметра $\frac{v}{\sqrt{gh}}$ стає рівною одиниці (тобто $v = \sqrt{gh}$), розбіжні і поперечні хвилі становлять ніби одну загальну хвилю великої висоти („переносну“). Швидкість $v = \sqrt{gh}$ звуть „критичною“. При швидкості, близькій до критичної, хвилевий опір зростає надзвичайно швидко, поки не досягне максимальної величини при $v = \sqrt{gh}$, після чого він перетворюється на нуль, бо поперечні хвилі зникають і лишаються тільки розбіжні.

Досліди з моделями і спостереження над суднами цілком стверджують описану картину зміни хвилеутворення для руху з швидкостями, меншими за критичну.

Цілком стверджується також утворення великої „переносної“ хвилі при критичній швидкості (про що говорилося вже вище). Стверджується, нарешті, зникнення поперечних хвиль після критичної швидкості.

Відповідно до описаної вище картини зміни хвилеутворення на мілкій воді, відбувається і зміна опору. А саме, на мілкій воді дри дуже малих швидкостях (див. сказане вище за дослідами де-Маса) він майже не різиться від опору на глибокій воді. При збільшенні швидкості опір на мілкій воді різко обганяє опір на глибокій воді. Ріст опору, порівнюючи з опором на глибокій воді, досягає максимуму при швидкості, близькій до \sqrt{gh} , після чого опір на мілкій воді трохи спадає і затримує темп росту так, що далі він вже відстас від опору на глибокій воді. Характер росту опору на мілкій воді показано на наведеному графіку (рис. 5).

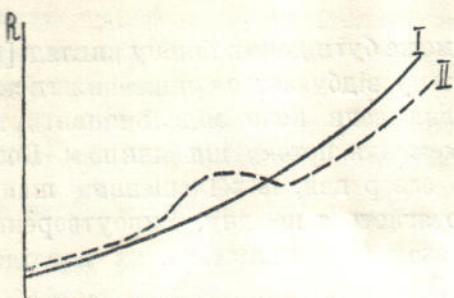


Рис. 5. Графік росту опору залежно від швидкості руху на мілкій (крива II) і глибокій (крива I) воді.

на глибокій воді, а при збільшенні швидкості опір на мілкій воді різко обганяє опір на глибокій воді. Щодо росту опору при швидкостях, більших за критичну, то тут ще зовсім немає накупченого дослідного матеріалу [8, 25], зважаючи на що покищо не можна дати остаточного висновку про величину опору при великих швидкостях.

Спробу дати фізичну інтерпретацію описаним явищам зміни опору в обмеженому водному просторі дав інженер Kreitner [38]. Цьому самому питанню присвячена і робота Schlichting-a i Strohbusch (Berlin, листопад 1933 р.), але ця остання робота зачеплює тільки докритичну ділянку зміни швидкості.

Kreitner, користуючись новішими методами річної гідрравліки, приходить до висновку, що вплив обмеженого (як глибиною, так і шириною) фарватера можна звести до пропускної здатності поперечного перерізу, що лишається, коли відняти площу зануреної частини мідель-шпангоута. Критична швидкість (правільніше — ділянка критичної швидкості) характеризується тим, що пропускна здатність цього лишика живого перерізу фарватера недостатня, щоб пропустити всю воду, яка йде назустріч судну. В результаті вода „встає“ перед судном і судно змушене рухати її перед собою, що природно супроводиться різким збільшенням опору. При цьому хвилі особливо сильно вдаряють об береги. Ця ділянка критичної швидкості розділяє два стані води: „спокійна течія“ (Stromen) і „швидка течія“ (Schiessen). Перший стан — спереду стісненого перерізу — характеризується малою швидкістю і збільшенням водного дзеркала, другий же — позаду стісненого місця — великою швидкістю і зниженням рівня.

Крива I подає зміну опору на глибокій воді, а крива II — на мілкій воді. Остання крива утворює ніби „горб“, який дає величину опору при швидкості, близькій до критичної. Мінімум опору маємо при значенні швидкості, яка на 15—20% перевищує критичну [18].

Треба відзначити, що дійсні випробування суден і моделей на мілкій воді стверджують, що в мілкій воді опір при малих швидкостях руху майже не різиться від опору

Теорія ця, за словами самого автора, являє собою перше наближення, що його належить далі уточнити і перевірити безпосереднім спостереженням над буksируванням суден в обмеженому водному просторі.

Усе викладене вище про зміну опору на мілкій воді має надзвичайно велике значення для правильного розв'язання поставленої нами задачі про добір типів буksирних і пасажирських суден для плавання по малих ріках.

Обчислення величини опору

Для обчислення величини опору руху по річному потоку з необмеженою шириною русла є ряд формул різних авторів. Проте, формули ці для нашої задачі не підходять, бо не враховують описаних вище особливостей зміни опору на мілкій воді. Для цього останнього випадку є формула Зонне (для руху по каналах):

$$R = K \varphi \omega V^{2,25}$$

Значення коефіцієнтів такі: φ — для залізних суден дорівнює 12, а для дерев'яних — 18; K — поправочний коефіцієнт для мілкої води, що залежить від відношення $\frac{\Omega}{\omega} = m$. А саме,

$$K = \left[\frac{m}{m - (1 + 0,2\delta^2 v^2)} \right]^{2,25}$$

де δ — коефіцієнт повноти водообсягу. Перевагу треба дати двочленним формулам, які диференціюють опір тертя від опору вирового і хвилевого. Тому обчислення провадять за якоюнебудь двочленною формулою (Карапетова, Геберса, Звонкова) і вводять далі поправку Зонне (коефіцієнт K).

Останнього часу відомим дослідником Геберсом дана формула, що враховує збільшення опору від обмеження запасу води під днищем і швидкість зустрічного потоку, яка впливає на ріст опору. Ця формула і прийнята нами для всіх обчислень опору. Вона призначена для визначення опору рухові суден, які плавають по каналах і ріках з невеликим перерізом $m < 10$, при чому формула дана в двох видах [7]:

- 1) $R = (\varphi \omega + fs) (v + v_{\text{зупр}})^{2,25}$
- 2) $R = (fs_6 + f_s s_d + \varphi \omega) (v + v_{\text{зупр}})^{2,25}$

Перший вид вживається, коли запас води під днищем > 1 м, а другий вид — коли цей запас < 1 м. Зрозуміло, формули ці, як і всі взагалі формули для обчислення опору рухові суден — емпіричні.

Укажемо значення коефіцієнтів, що входять до цих формул:

φ — коефіцієнт вирових опорів змінюється від $\varphi = 1,7$ для гострих суден ($\delta = 0,5$) до $\varphi = 3,5$ для тупих суден з коефіцієнтом повноти водообсягу $\delta = \sim 0,9$. Для проміжних значень δ можна вживати лінійну залежність φ від δ (за Звонковим): $\varphi = 4,5 \delta - 0,55$;

f — коефіцієнт тертя по бортах судна, що його приймають для добре формованих залізних суден рівним 0,14, а для дерев'яних — 0,28.

f_d — коефіцієнт тертя по дништу судна, який приймається залежно від глибини в таких розмірах:

Віддаль між днищем судна і дном фарватера	Значення f_d
1,00 м	0,140
0,75 м	0,185
0,50 м	0,258
0,25 м	0,350

Для дерев'яних суден рекомендується приймати подвійні значення коефіцієнта f_d .

Геберс же дав формулу для обчислення змоченої поверхні бортів s_6 і днища s_d . Спочатку визначається повна змочена поверхня

$$s = 0,85L(B + 2h_{\text{вант}})$$

(значення літер загальноприйняті).

Поверхня днища s_d дорівнює від 0,7 до 0,8 LB (залежно від гостроти судна). Отже змочена поверхня бортів $s_6 = s - s_d$.

Площа мідель-шпангоута, як звичайно

$$\omega = \beta B h_{\text{вант}},$$

де $\beta = 0,95$ до 0,99.

Нарешті, $v_{\text{зупр}}$ — зустрічна швидкість води, яку витісняє судно. Для річних потоків Геберс дає спрощений вираз:

$$v_{\text{зупр}} = \frac{w}{m - 1}$$

Інших формул для обчислення опору, які б цілком враховували особливості росту опору на мілкій воді, ще немає.

Розділ V

Методика вибору типів несамохідних суден

Поданий в попередньому викладі детальний аналіз впливу експлуатаційно-економічних і шляхових факторів приводить з цілковитою очевидністю до висновку, що при виборі типу судна для малих рік як щодо основних вимірювань, так і обводів, провідна роль повинна належати шляховим умовам. У цьому і полягає головна відмінна методики вибору типів суден для малих рік від методики вибору їх для магістральних водних шляхів. Правильність такого висновку стверджується тим міркуванням, що мали ріки певний час повинні експлуатуватись в умовах, близьких до природних, і про якінебудь великі капіталовкладення для зміни шляхових габаритів величезної більшості малих рік не може бути й мови.

Виходячи з цього висновку, намічаємо таку методику вибору типів несамохідних суден для малих рік.

1. За шляховими габаритами (найменшими) визначаємо основні розміри і вантажність максимального для даної ріки судна, а оскільки умови

шляху, очевидно, не будуть дуже різнятися, то вже надалі можна розробити і стандартні типи для сітки водних шляхів — малих рік.

2. Визначення основних розмірів максимального граничного судна робиться таким чином:

а) за найменшою шириною русла визначаємо ширину судна з умови ¹⁾,

$$C = 1,3 \cdot 2B = 2,6 B,$$

де:

C — ширина русла;

B — ширина судна;

б) за найменшим радіусом закруглення визначаємо довжину такого судна:

$$L = \frac{R}{3} + \frac{R}{2}$$

в) граничну осадку добираємо, виходячи з того, щоб відношення площин живого перерізу до площині зануреної частини мідель-шпангоута було не менше 4:

$$m = \frac{\Omega}{\omega} = 4, \text{ або } \frac{\Omega}{\beta B h_{tp}} = 4, \text{ звідки } h_{tp} = \frac{\Omega}{4 \beta B}$$

г) щодо висоти борта, то її одержимо, додавши до граничної осадки висоту сухого борта, яку можна прийняти для малих рік рівною 0,25 м (для наливних суден з герметично закритою палубою вона може бути ще менша);

д) відношення довжини до ширини судна для малих рік за даними досвіду можна рекомендувати від 3,8 до 4,5 (для дубів, відношення $L:B$ збільшується до 6);

е) встановивши довжину, ширину й висоту борта і граничну осадку, можемо визначити корисну вантажність, прийнявши коефіцієнт повноти водообсягу від 0,75 до 0,77 ²⁾ (а для дубів до 0,6) і задавшись порожньою осадкою, яку далі треба перевірити за вагою судна, в границях від 0,18 до 0,25 для лайб (і до 0,12 для дубів) за формулою

$$Q = \delta LB (h_{tp} - h_0),$$

де $\delta = 0,75 \div 0,77$.

ж) щодо швидкості буксирування, то питання це висвітлено в розд. IV. До викладеного там треба додати, що Weitbrecht в 1921 р. в „Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft“ зробив порівняльну оцінку основних класичних дослідів Рота, Тейлора, Расмусена і новіших випробувань в Гамбурзькому і Адміралтейському (німецькому) басейнах для визначення впливу глибини на опір суден і на основі цього аналізу дав таку формулу для граничної швидкості буксирування: $v = 1,8 \sqrt{h}$. Для глибини 0,6 м, яку ми прийняли за типову для малих рік, за цією формулою

¹⁾ Застосування цих мінімальних норм вважаємо допустимим, тому що мінімальні шляхові габарити, що їх приймають за розрахункові, матимуть місце не на всьому протязі малих рік і будуть ділянки з значно більшими габаритами.

²⁾ Такий коефіцієнт повноти мають вже лайби, збудовані Дніпровською управою річного пароплавства (ДУРП).

знаходимо $v = \sim 1,4 \text{ м/сек} = 5 \text{ км/год}$ в спокійній воді. Ця швидкість, як досить обґрунтована і теоретичними дослідженнями, і новішими широко поставленими дослідами, приймається нами за типову для глибини $0,6 \text{ м}$ ¹⁾.

Після встановлення розмірів максимального, граничного за шляховими габаритами судна дальші уточнення їх з добором найвигідніших для даних експлуатаційно-економічних умов може бути зроблено єдиним методом,— за принципом найменшої собівартості перевозок у даних конкретних умовах.

За принципом же найменшої собівартості перевозок повинне бути розв'язане питання про найвигіднішу висоту борта (див. розд. III, с. 11). Для цього намічаємо типи суден з однаковими розмірами в плані, але з різною граничною осадкою (а отже й висотою борта), наприклад: 1) з осадкою, рівною меженній глибині, зменшенній на запас води під днищем; 2) з осадкою, рівною середньо-зваженій експлуатаційній, а саме, якщо відома тривалість стояння різних глибин h_1, h_2, h_3, \dots в дobaх t_1, t_2, t_3, \dots , то середньо-зважена експлуатаційна глина

$$h_{ek} = \frac{h_1 t_1 + h_2 t_2 + h_3 t_3 + \dots}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots},$$

а осадку одержимо, якщо віднімемо прийнятій запас води під днищем; 3) з осадкою, рівною весняній глибині, мінус той самий запас під днищем, і нарешті, 4) з осадкою, рівною осінній глибині, мінус той самий запас під днищем.

Мінімум собівартості перевозу для певних конкретних вантажних маршрутів в намічених типах суден покаже найвигіднішу висоту борта.

Тепер коротко проілюструймо застосування викладеного методу.

Ознайомлення з наявними матеріалами обслідування малих рік (обслідування ДУРПом р. Росі, відзиви райвиконкомів Київської області на розіслану Київським облпланом анкету) дає підставу прийняти за типові такі габарити шляху на малих ріках: найменша ширина русла — 12—15 м (на р. Росі — від 12 до 16 м, на р. Сулі — 12 м по дну до Лубень і 7,5 м — до Ромен); найменший радіус закруглень — 45÷60 м. Середню експлуатаційну глибину приймемо в 0,8 м, найменшу глибину — в 0,6 м; звідси розміри граничного судна:

$$B = \frac{12}{2,6} = 4,6 \text{ м} \div \frac{15}{2,6} = 5,8 \text{ м}$$

Граничну осадку приймаємо на 0,3—0,5 м вищою за мінімальну — меженну, що становитиме (при мінімальному запасі під днищем 0,1 м) 0,8 до 1 м. Висоту сухого борта приймаємо в 0,25 м. Таким чином при відношенні $L : B$ від 3,8 до 4,5 основні максимальні розміри судна будуть такі:

L дорівнює від 18,4 м до 23,2 м; B — від 4,6 до 5,8 м;

H (висота борта) — від 1,05 м до 1,25 м

¹⁾ Питання про обводи суден малих рік виходить за рамки даного дослідження. Дуже бажана постановка спроб над суднами різних обводів в природних умовах і над моделями суден в дослідних басейнах.

Корисна вантажність судна Q , при порожній осадці від 0,2 до 0,25 м і середньому коефіцієнті повноти водообсягу 0,76, дорівнює від 35 до 80 т.

Довжину судна треба перевірити за найменшим радіусом закрутлення.

В даному випадку L не повинне бути більшим за $\frac{45}{2} = 22,5$ м.

Якщо ж весняні глибини, як це властиво малим рікам, тримаються незначний час і основна маса перевозок припадає на межень, то судна повинні мати висоту борта від 0,8 до 1 м, і вантажність їх буде коливатися від 20 до 50 т.

Як зразки таких мілких непарових суден, що експлуатуються в різних басейнах, можна відзначити:

1. Тезянки — плоскодонні безпалубні судна (баржової конструкції), призначені для перевезення різних сухих вантажів. Район плавання їх — Клязьма, Теза, Цна. Розміри їх: довжина — 20,3 м, ширина — 4,0 м і висота борта — 0,85 м; корисна вантажність становить 25 т.

2. Тихвінки — служать для місцевих перевозок по Тихвінській системі, звідки вони поширились на Верхню Волгу, Маріїнську і Вишневолоцьку системи. Основні розміри їх: довжина — від 21,3 до 23,4 м, ширина — від 5,3 до 6,4 м; вантажність — від 49 до 82 т.

3. Волзькі судна барочної конструкції:

а) Гусяни. Основні розміри $L = 23,5$ м, $B = 4,3$ м, $H = 1,07$; корисна вантажність 49 т.

б) Паузки. Розміри: довжина — 14,9 до 23,5 м, ширина — від 2,8 до 5,8 м, висота борта — від 0,85 до 1,28 м; вантажність — від 10 до 82 т.

в) Барки. Розміри: $16 \times 3,8 \times 0,85$ м; вантажність — 32,7 т.

4. Дніпровські лайби. 1) Розміри: $L = 22$ м, $B = 5,8$ м, $H = 1,5$ м; вантажність — 90 т (границя осадка 1,2 м, осадка порожняком — 0,25 м) 2) $L = 20,8$ м, $B = 5,4$ м $H = 1,3$ м; вантажність — 65 т (границя осадка 1 м, осадка порожняком — 0,22 м).

Розділ VI

Методика вибору типів буксирів для малих рік

З існуючих видів механічної тяги — буксирної, тракторної, електричної — для величезної більшості малих рік треба визнати найбільш підходженою тягу буксирну, як таку, що вимагає найменших початкових витрат. Буксирна тяга майже зовсім не вимагає спеціального устаткування на берегах, крім збудування пристанських пунктів з найпростішими причальними пристроями для полегшення виконання вантажно-розвантажних робіт із невеликими складами для постачання буксирам пального, мастильних та інших необхідних для експлуатації матеріалів.

Щодо вибору типів буксирів, то питання це поділяється на такі п'ять основних питань: 1) тип і рід двигуна для буксирів, 2) рід пального для двигуна, 3) потужність двигуна, 4) система рушійника і 5) основні розміри.

Тип і рід двигуна

Маючи на увазі, що найбільш ходовий тип буксирних катерів, як це обґрунтовано в дальшому викладі, повинен мати потужність, не більшу за 60 НР, треба вважати єдино доцільним і можливим тепер застосування для них двигунів внутрішнього згорання (на роді пального спинимося окремо). Ці двигуни для таких потужностей особливо мають безсумнівні переваги порівнюючи з паровими машинами, і крім того, тільки цей тип двигунів може задоволити специфічні умови експлуатації малих рік.

Загальні переваги двигунів внутрішнього згорання зазначеніх невеликих потужностей такі.

а) В двигунах внутрішнього згорання краще використовується теплова енергія, що звільняється при згоранні палива, тому що загальний коефіцієнт корисної дії двигунів внутрішнього згорання кращих сучасних конструкцій (безкомпресорні дизелі) доходить 38—39%, тим часом як кращі конструкції парових машин мають загальний коефіцієнт корисної дії 16—18%.

б) Вага двигунів внутрішнього згорання на одну кінську силу потужності значно менша, ніж вага парової установки (з паровим котлом). Ця остання обставина має особливо важливе значення саме для експлуатації малих рік з їх незначними глибинами, де боротьба повинна провадитись за кожний сантиметр осадки. Так, безкомпресорний двигун Дізеля, чотиритактний, чотирициліндровий, випуску заводу MAN, потужністю 40 НР при 900 обертах за хвилину має з реверсивною муфтою вагу 32,3 кг на 1 НР, а потужністю 60 НР при 900 обертах на хвилину — 29 кг на 1 НР [50]. Фірма Mot. Werke Mannheim випустила трициліндровий чотиритактний двигун, потужністю 24—30 НР при 650—800 обертах за хвилину, вагою 37,7 кг на 1 НР і чотиритактний чотирициліндровий з 650—800 обертів за хвилину вагою 34,7 кг на 1 НР. В той самий час вага існуючих парових установок (потужністю 300—400 НР) становить 290 кг на 1 НР, а вага проектованої, відповідно до плану реконструкції, парової установки з водотрубним паровим котлом і клапанною паровою машиною подвійного розширення становить 140—180 кг на 1 НР.

в) Витрата палива на одну сило-годину для парових двигунів зазначеної потужності значно вища (в переводі на умовне 7 000-калорійне паливо, а тим більше за дійсною вагою спалюваного палива), що має дуже велике значення, тому що вимагає більшого за вагою запасу палива на судні. Тут можна навести такі цифри¹⁾: (див. табл. на с. 35).

Зростання запасу палива на судні веде до дальнього збільшення осадки.

г) Двигуни внутрішнього згорання потребують меншої кількості обслугуючого персоналу, що, крім економії на витратах, дає змогу зменшити

¹⁾ Робота Дніпр. філії Центр. наук.-досл. інст. водного транспорту: Бригада Мельникова, Газогенераторная установка мощн. 360 НР для речного буксира, 1933. (Рукопис).

Наведені цифри застарілі і тому їх можно використати лише для порівняння окремих видів палива і двигунів.

Витрата палива на 1 сило-годину в кг

Рід пального	Парова машина трікратного розширення без перегріву	Парова машина Ленца з водо- трубним котлом і перегрівом пари	Легкі двигуни внутрішнього згорання	Дизельні установки	Газогене- раторні двигуни
Дрова . . .	3,05	2,40	—	—	1,23
Торф . . .	3,40	2,67	—	—	—
Антрацит АРП . . .	1,45	1,14	—	—	0,65
Гас . . .	—	—	0,275	—	дерев. вугіл.
Нафта . . .	—	—	—	0,193	—

розміри катера, зважаючи на зменшення потреби в приміщенні для команди (не потрібні стоять кочегари).

д) Двигун внутрішнього згорання завжди готовий до роботи, що робить його найбільш пристосованим до плавання по малих ріках з неминучими частими зупинками в зв'язку з меншою середньоюдалістю перебігу.

е) Нарешті, зважаючи на великий розвиток в Союзі авто- і тракторобудівництва, є змога порівнюючи легко забезпечити мілкі буксирні катери двигунами невеликої потужності, використовуючи тракторні двигуни після внесення в них потрібних невеликих конструктивних змін, що їх вимагають умови установки і роботи на суднах. Цілком протилежно стоять питання про будування парових двигунів відповідної потужності: немає ще випробуваної конструкції і не виділені заводи, на які можна було б покласти виготовлення їх.

Для об'єктивності не можна не відзначити і хиб двигунів внутрішнього згорання, порівнюючи з паровими машинами. Хиби ці такі.

1. Двигуни внутрішнього згорання не допускають перевантаження і такої еластичної зміни потужності, як парові машини.

2. Конструкція їх порівнюючи значно складніша, а з цього вже випливає і більша складність обслугування, яка вимагає вищої кваліфікації обслуговуючого персоналу.

3. В двигунах внутрішнього згорання, крім газових, неможливе використання різних видів місцевого палива (дров, деревного вугілля, торфу та ін.), що має особливо важливе значення саме для суден, призначених для плавання по малих ріках.

Треба зауважити, що боротьба між двигунами внутрішнього згорання і паровою машиною ще триває. Зараз розробляється конструкція парової машини невеликої потужності з застосуванням пари високого тиску (до 100 атм.). Проте, як ми сказали вище, цілком розроблених, випробуваних конструкцій ще немає.

Отже на сьогодні питання про роль двигуна розв'язується на користь двигуна внутрішнього згорання.

Основні вимоги, яким повинен задовольняти двигун

Виходячи з специфічних умов експлуатації малих рік, відзначмо основні вимоги, яким повинен задовольняти двигун для установки на катерах.

1. Оскільки за типові глибини на малих ріках ми прийняли 0,6 м, питання про вагу двигуна є одним з основних. Вага двигуна повинна бути можливо малою, не перевищувати середніх норм ваги на 1 НР кращих закордонних заводів, що будують двигуни (MAN, Mot. Werke Mannheim та ін.), тобто близько 30 кг на 1 НР. Для зменшення ваги двигуни повинні бути двотактні.

2. Маючи на увазі: 1) що основним матеріалом для будування корпусів моторних катерів на більшій час лишиться дерево і 2) що, крім того, вимога досягнення малої осадки викликає потребу в будуванні корпусів з полегшеним (шлюпочним) набором, — особливо важливого значення набуває врівноваженість двигуна, бо вібрації його швидко розладжують всі сполучення і, не кажучи вже про збільшення вартості ремонту, зменшують строк служби мотокатерів. Через це треба, щоб двигун мав циліндрові не менше шести, хоч це і здорожчує його ремонт.

3. При малих розмірах корпусів, габаритні розміри двигуна щодо довжини й ширини його також повинні бути невеликі.

4. Двигун для полегшення догляду за ним і здешевлення ремонту, повинен бути по змозі простішої конструкції.

5. Витрата палива на сило-годину повинна бути мінімальна. Тому треба дати перевагу конструкції з підвищеним стиском, безпосереднім розпорощенням і продувним насосом (а не з кривошипною камерною продувкою).

6. Двигун повинен бути пристосований для роботи на в'язкому рідкому паливі (мазут).

7. Число обертів бажане не більше 500 за хвилину.

8. Двигун повинен припускати роботу на малих числах обертів і мати реверсивну муфту (допускати задній хід).

Рід пального для двигуна внутрішнього згорання

Переходячи до питання про рід пального для двигунів, треба виділити основну вимогу при експлуатації малих рік — використання наявних запасів місцевого палива: дров, деревного вугілля, торфу, бурого вугілля та ін. З цього погляду треба, виходячи з наявності місцевого палива в прилеглих до берегів рік місцевостях, поділити мілкі ріки на дві категорії. До першої категорії залічимо малі ріки, по берегах яких є запаси зазначеного палива, як наприклад рр. Тетерів, Уж, Сула та ін., а до другої — ті малі ріки, експлуатація яких, зважаючи на відсутність запасів місцевого палива, повинна провадитись на довільному рідкому або твердому мінеральному паливі (нафта, гас, антрацит).

Для обслуговування рік першої категорії найпридатнішим видом двигуна з найбільш економним використанням місцевого палива є газові двигуни.

Як ми постараємося обґрунтувати в далішому викладі, треба негайно організувати будування газових двигунів, використовуючи спочатку наявні типи двигунів внутрішнього згорання (автомобільних і тракторних) з внесенням у них потрібних конструктивних змін і додатків для роботи на газі, а далі перейти до будування спеціальних типів зазначених двигунів.

Звертаючися до існуючої літератури про газогенераторні силові установки, треба відзначити, що планом реконструкції водного транспорту (розробленим Наркомводом в 1931 р.) звернуто увагу на необхідність розвитку будування установок цього типу, як таких, що являють безсумнівну перевагу перед паровими установками, бо повний коефіцієнт корисної дії газогенераторних установок доходить 28%, тим часом як кращі паросилові установки прийняті в плані реконструкції, мають коефіцієнт корисної дії 13—14% („Реконструкція флота“, с. 107).

Таким чином газогенераторні установки займають щодо цього середнє положення між паровими і дизельними, коефіцієнт корисної дії яких у новіших конструкцій доходить 38—39% (безкомпресорні дизелі). Проте, зважаючи на відсутність цілком розроблених конструкцій суднових газових двигунів, план намічав спочатку дослідне будівництво газогенераторних катерів з тим, що надалі будування їх буде розвиватися залежно від одержаних результатів.

Тим часом в Західній Європі (в Італії, Франції і Німеччині) техніка будування газових двигунів досягла тепер високого ступеня розвитку: є вже газогенераторні судна, які роблять регулярні рейси (в Італії) [5], є газогенераторні автомобілі, автобуси (Дейтца) і трактори, автомобітриси на австрійських залізницях і т. ін.

Основна перевага газогенераторних установок полягає в тому, що тільки вони припускають найраціональніше використання місцевого твердого палива, забезпечуючи, приміром, вдвіс більший коефіцієнт корисної дії силової установки проти парової. Тому робота на газових двигунах не тільки дешевша, але й зменшує вагу необхідного запасу палива на судні, приблизно в 2,5—3 рази при однаковому радіусі дії з пароплавами, як це можна бачити з такої таблиці.

Тридобові запаси палива на борту пароплава і теплохода на 1 ефективну кінську силу¹⁾

Рід пального	Газогенера-торна уста-новка	Парова установка (існуюча)	Проектова-на парова установка	Дизельна установка
Дрова	75,3	220,0	173	—
Торф	71,0	245,0	192	—
Антрацит АРШ	33,6	104,3	82	—
Нафта	—	—	—	13,9

¹⁾ Див. зноску на с. 34.

Газогенераторні силові установки не позабавлені й хиб; основні з них: 1) кепське охолодження і очищення газу, 2) невисока калорійність газу, 3) розтріскування і стоплення футеровки і, як наслідок цих хиб, 4) падання потужності при роботі на газі порівнюючи з роботою на бензині (на 20—30%). Так, згідно з проведеними випробуваннями, двигун при роботі на газі давав 30 НР, а при роботі на бензині той самий двигун мав потужність 37 НР (взагалі, втрата потужності при переході з рідкого палива на газ становить близко 25—30% порівнюючи з гасом і близько 40—45% — порівнюючи з бензином).

У зв'язку з відсутністю у нас розроблених спеціальних конструкцій суднових газових двигунів, природно висувається питання про пристосування для роботи на газі наявних двигунів рідкого палива, головно автомобільних і тракторних. З цього питання треба відзначити праці Всесоюзного науково-дослідного дизельного інституту в Москві [15]. За дослідами, проведеними Інститутом, втрата потужності при роботі на газі становила понад 50% порівнюючи з бензином (випробувався бензино-газовий двигун „Ікегай“, при $n=800-1000$ обертах за хвилину, потужністю 30—36 НР, чотирициліндровий, чотиритактний).

Дослідами встановлені такі причини втрати потужності.

1. Низька теплотворна здатність газової робочої суміші. А саме: тим часом як теплотворна здатність бензинової робочої суміші становить $740 \text{ кал}/\text{м}^3$, гасової робочої суміші — $665 \text{ кал}/\text{м}^3$, — для газогенераторного газу вона становила від 495 до $540 \text{ кал}/\text{м}^3$. Втрата потужності в наслідок зниженої теплотворної здатності становила для бензину 30%, а для гасу 22%.

2. Зниження початкового тиску всмоктування в наслідок збільшення опору у всмоктуючій системі і в наслідок збільшення початкової температури всмоктування через неможливість цілковитого охолоджування газу приводить до зменшення коефіцієнта подачі пального. Так, для рідкого палива температура всмоктування 15°C , а для газу — не нижче 50°C .

3. Погіршення коефіцієнта корисної дії двигуна (шкідливі опори лишаються без зміни, загальна потужність зменшується), а саме:

$$\frac{\eta_m \text{ газов. дв.}}{\eta_m \text{ бензин. дв.}} = 0,85$$

Дослідження показали три способи збільшення потужності двигуна при роботі на газі:

1. Збільшення літражу циліндра з одночасним збільшенням ступеня стиску. Спосіб цей може бути застосований лише при будуванні нового двигуна.

2. Збільшення ступеня стиску без збільшення розмірів циліндра. Оскільки ступінь стиску для газу і бензину — від 3,5 до 4,5, а для газу крайньою границею є 7, то збільшення ступеня стиску може довести потужність на газі до 65% від бензинової.

3. Застосування наддуву. Спосіб цей полягає в збільшенні потужності через збільшення ваги заряда. При наддуві утворюється збільшений тиск початку стиску, тобто збільшення вагової кількості підводжуваного

повітря і пального. Спроби в цьому напрямі, поставлені Дизельним інститутом, дали такі результати.

Двигун „Ікегай“ мав механічний коефіцієнт корисної дії $\eta_m = 0,8$, ефективну потужність $N_{ef} = 26,5$ НР, а $N_i = 33$ НР. При роботі на газі без наддуву $N_{ef} = 12,5$ НР, а $N_i = 12,5 + 6,5 = 19$ НР, тобто η_m газ. дв. $= \frac{12,5}{19} = 0,66$.

При тиску наддуву $= 1,4$ абс. атм. виявилося $N_{ef} = 28,3$ НР.

Отже

$$N_i = 28,3 + 6,5 = 34,8 \text{ НР} \quad \eta_m = \frac{28,3}{34,8} = 0,81$$

Нарешті, при тиску наддуву, рівному 1,7 абс. атм., одержано $N_{ef} = 38,5$ НР.

Отже

$$N_i = 45 \text{ НР} \quad \eta_m \text{ газ. дв.} = \frac{38,5}{45} = 0,855$$

Якщо врахувати витрату потужності на попередній стиск суміші (N_s), то повна компенсація бензинової потужності настася при тиску наддуву в 1,7 абс. атм., а саме

$$\frac{N_{ef. r} - N_s}{N_{ef. b}} = 1,034,$$

де N_s — витрата потужності на попередній стиск.

З поданого вище докладного викладу стану питання про пристосування двигунів рідкого палива для роботи на газі треба зробити висновок про повну можливість виконання і доцільність такого пристрою до того часу, доки не будуть остаточно вироблені спеціальні конструкції газових двигунів.

Усі зроблені вище висновки ствердженні дослідом газогенераторної суднової установки [36]. „На моторному човні розмірами $L = 10,5$ м, шириною $B = 4,15$ м и осадкою $h = 0,6$ м установлено два мотори Ганомаг. Потужність кожного мотора на бензолі — 37 НР, на деревному вугіллі — 30 НР. Отже середнє зниження потужності виявилося порівнюючи з роботою на бензолі 20—30%. Витрата вугілля — 0,35 кг на сило-годину. Економія у витраті палива в результаті застосування деревного вугілля склала 55%. Вартість 60-сильного газогенератора коливається в межах 800—1200 крб. Затрати на поточний капітальний ремонт газогенератора в десятки разів нижчі, ніж на ремонт парового котла. Вага газогенератора на 1 ефективну кінську силу від 8 до 24 кг, тим часом як вага циліндричного (оборотного) котла з водою — від 90 до 120 кг на 1 НР, а водотрубного — від 50 до 90 кг/НР. Закидання палива в шахту провадиться через $2\frac{1}{2}$ —3 години. Установка складається з газогенератора, мокрого очисника, сушарки й сухого очисника. Апаратура нескладна і великої пильності обслугуючого персоналу не потребує.“

Другим прикладом може бути зроблене самого останнього часу¹⁾) пристосування тракторного двигуна потужністю 30 НР (Харківського тракторного заводу) для роботи на газі, що дало дуже добре результати:

¹⁾ Див. газету „Водний транспорт“ за 16. IX 1934.

катор з зазначенім двигуном тягнув на Москві-ріці баржу вантажністю 100 т (НКВ проектув, зважаючи на це, пристосувати для роботи на газі 60-НР - тракторний двигун марки ЧТЗ).

Таким чином переваги газогенераторної силової установки порівнюючи з паровою машиною безсумнівні, і питання сходить тільки на розгортання виробництва газових двигунів, що й повинне бути головним завданням найближчого часу. До розвитку ж виробництва спеціальних конструкцій газових двигунів можливе і доцільне, як це обґрунтовано в попередньому викладі, для обслуговування рік першої категорії пристосування для роботи на газі тракторних двигунів марок ХТЗ, СТЗ і ЧТЗ.

Щодо малих рік другої категорії, то для них треба рекомендувати безкомпресорні нафтові двигуни Дізеля, як найбільш економічні, зважаючи на низькі норми витрати пального на сило-годину (0,18—0,20 кг) і порівнюючу дешевину його (нафта — 55 крб., гас — 500 крб. за тонну). Іншими властивостями (готовість до роботи, надійність в роботі та ін.) в сучасних конструкціях вони не поступаються бензиновим і гасовим двигунам.

Добір потужності буксируючих катерів

Для прийнятих нами за типові габаритів шляху (розд. V, с. 32) розміри максимального граничного судна виявились $L = \sim 22$ м, $B = 5,8$ м, $H = 1,25$ м, осадка порожніком — 0,22 м, осадка з повним вантажем — 1 м. Опір рухові цього судна з граничною осадкою обчислімо за формулою Геберса¹⁾.

$$R = (fs_6 + f_d s_d + \varphi \omega) (v + v_{\text{зупр}})^{2,25} \quad (1)$$

Швидкість буксирування на підставах, зазначених у розд. IV, приймімо $v = 1,4$ м/сек. Середню швидкість течії малих рік приймімо рівною $\sim 0,4$ м/сек. Повну змочену поверхню визначаємо за формулою Геберса:

$$s = 0,85 L (B + 2h_{\text{вант}}) = 0,85 \cdot 22 \cdot 7,8 = 146 \text{ м}^2$$

Поверхня днища

$$s_d = 0,8 \cdot 22 \cdot 5,8 = 102,08 \text{ м}^2$$

Звідси

$$s_6 = s - s_d = 146 - 102 = 44 \text{ м}^2$$

$$v_{\text{зупр}} = \frac{v_{\text{бep}}}{m - 1}$$

Приймемо $m = 4$ і $v_{\text{зупр}} = \frac{1}{3}$. Значення коефіцієнтів, f , f_d і φ приймемо за вказівками на сс. 29 і 30: $f = 0,28$, $f_d = 0,7$, $\varphi = 4,5$ і $0,55$. Значення δ на основі точного розрахунку, зробленого за теоретичним рисунком для судна цих розмірів (згідно з даними ДУРПу) приймемо 0,76.

Звідси $\varphi = 4,5 \cdot 0,76 - 0,55 = 2,87$. Підставляючи всі ці значення в формулу (1), знаходимо: опір $R = 320$ кг.

¹⁾ Треба зауважити, що ця формула, виведена для каналів, навряд чи відповідає складним умовам малих рік; нею доводиться користуватися лише за відсутністю інкищо спеціальних досліджень для малих рік. (Ред.).

Припускаючи, що нормальнна стандартна валка складатиметься з двох таких суден і нехтуючи можливим зменшенням сумарного опору валки, одержимо опір стандартної валки $320 \times 2 = 640$ кг.

Далі треба мати залежність між потужністю двигуна і силою тяги на гаку, що він розвиває при різних швидкостях руху. Для цього треба знати залежність рушійної сили тяги від швидкості і власний опір мотокатера, бо, як відомо, сила тяги на гаку дорівнює різниці рушійної сили тяги і власного опору мотокатера. Власний опір мотокатера може бути визначений за його розмірами, подібно до того, як нами був визначений опір несамохідного судна. Оскільки для невеликих двигунів внутрішнього згорання немає перевірених на досвіді формул для розрахунку рушійної сили тяги на гаку залежно від елементів двигуна, ми для добору потужності скористаємося практичними даними, взятими з динамометричних випробувань. А саме: випробування буксирного мотокатера, потужністю 100 НР, збудованого заводом ім. Сталіна в Києві (2 двигуни Дейтц по 50 НР), дало таку залежність тягового зусилля на гаку від швидкості ходу (див. рис. 6).

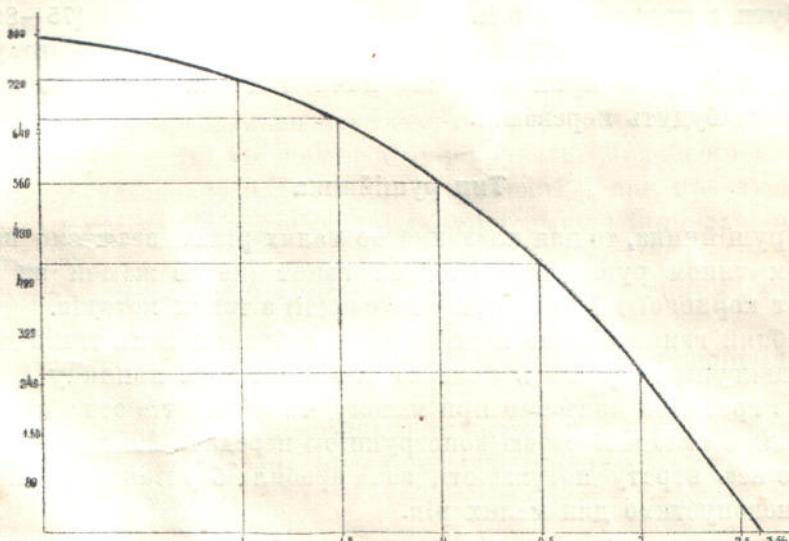


Рис. 6. Крива залежності тягового зусилля на гаку від швидкості ходу (в спокійній воді) мотокатера потужністю 100 НР, збудованого київським заводом ім. Сталіна.

З цього графіка виявляється, що при швидкості 1,5 м тягове зусилля на гаку становить близько 7 кг на 1 НР. Відомі з літературних джерел виконані конструкції моторних катерів у Німеччині дають більші величини тягового зусилля. Так, моторний буксир „Hugin“¹⁾ (довжиною — 18,35 м, шириной по ватерлінії — 3,8 м, висотою борта — 1,2 м), потужністю 2×90 НР, дав при випробуванні з осадкою 0,6 м на швидкості 3,3 м/сек (буксир збудований для р. Дунаю, де швидкість течії 2,2 — 2,5 м/сек), тягове зусилля — 1200 кг. Одногвинтовий буксирний мотокатер, потужністю 100 НР, при швидкості буксирування 2,87 м/сек розвинув тягове

¹⁾ Schiffbau, № 23, 1. XII 1932.

зусилля 990 кг¹⁾). Для наших розрахунків, поки не зібрано достатнього матеріалу на основі динамометричних випробувань, приймімо, що при швидкості 1,4 м/сек тягове зусилля становить до 10 кг/НР. Тоді потрібна потужність для буксирування валки з максимальних суден буде коливатися від $\frac{640}{10} = 64$ НР до $\frac{320}{10} = 32$ НР, звідки приходимо до висновку про необхідність, відповідно до розрахункового типу максимального несамохідного судна, запроектувати два типи буксирних моторних катерів:

- 1) потужністю 50—60 НР для буксирування валки з двох суден і
- 2) потужністю 25—30 НР для буксирування одного судна.

На основі всього сказаного вище, ці два типи буксирних катерів треба визначити основними, при чому двигунами можуть на першій час бути тракторні двигуни ХТЗ—30 НР і ЧТЗ—60 НР,— зрозуміло, після внесення в них невеликих конструктивних змін.

Крім цих двох основних стандартних типів, в окремих випадках можуть бути запроектовані і менші (10—20 НР), і більші (75—80 НР)— залежно від конкретних шляхових і експлуатаційно-економічних умов тої або іншої ріки. Для прийнятих же нами типових умов два зазначені основні типи будуть переважні.

Тип рушійника

Щодо рушійника, то для плавання по малих ріках вважаємо найбільш придатним типом рушійника гребний гвинт (не зважаючи на нижчий коефіцієнт корисної дії його при мілководді) з таких мотивів.

1. Гребний гвинт більше підходить до вибраних нами типів двигунів. А саме, двигуни ці роблять близько 600 обертів за хвилину і комбінування іх з гребними колесами при малому числі обертів останніх (40—50) потребувало б складної своєю конструкцією передачі. Не кажучи вже про зв'язану з нею втрату потужності, вона зробила б установку значно важчою, що недопустимо для малих рік.

2. Зважаючи на вузькість русла на малих річках, застосувати бокові гребні колеса важко.

3. Вага гребного гвинта значно менша проти ваги гребних коліс.

4. Гребний гвинт легше, ніж гребне колесо, захиstitи від ушкоджень топляками, корчами, каменями, якими забруднені малі ріки.

Основні розміри буксирних моторних катерів

При проектуванні основних розмірів буксирних катерів для малих рік треба, на основі всього викладеного вище, виходити з таких вимог, яким повинен задовольняти буксирний катер.

1. Осадка катера з трид добовим запасом пального (рахуючи на добу 12 робочих годин) повинна відповідати тій глибині, яка може бути забез-

¹⁾ Schiffbau, 1932 № 22.

печені на ріці в меженній період без великих капітальних витрат. Приймаючи, що для більшості малих рік мінімальна глибина буде 0,6 м, знаходимо, що осадка катера з триділовим запасом пального не повинна перевищувати 0,5 м при мінімальному запасі під днищем 0,1 м.

Тут треба відзначити, що оскільки з конструктивних міркувань єдиним можливим рушійником для моторних катерів є гребний гвинт, то нижче зазначені осадки навряд чи можна спускатися, тому що менша осадка не забезпечить потрібного занурення гвинта і утворення упору, тобто достатньої тягової сили.

2. Друга вимога, не менш важлива, полягає в тому, що в цілях зменшення власного опору корпуса мотокатера треба, щоб відношення живого перерізу ріки до площині зануреної частини мідель-шпангоута $m = \frac{\Omega}{\omega}$ було можливо більшим, при чому границі зазначеного співвідношення можна прийняти — нижчу в 4, а вищу в 10—12, оскільки менше 4 згідно з постановою XII Міжнародного судноплавного конгресу, вибирати не рекомендується, а при значенні $m = 10—12$ вплив близькості дна на величину опору судна вже мало почувається при швидкості $v = 1—1,4$ м/сек. (див. розд. IV, Опір рухові).

3. Нарешті, катер повинен дати необхідне зусилля на гаку, відповідне опорові тих суден, які він повинен буксирувати. Для цього він повинен мати силову установку відповідної потужності, і при проектуванні корпуса треба мати на увазі габаритні розміри, вагу і інші дані про роботу цієї установки.

4. Матеріалом для будування катерів згідно з наведеними нижче даними повинне служити дерево.

Звертаючись до виконаних і проектованих типів буксирних катерів, знаходимо такі дані.

За планом реконструкції водного транспорту (1931 р.) були намічені для буксирування непарових суден по мілких ріках і верхів'ях рік чотири типи буксирних катерів.

	I	II	III	IV
Потужність НР	100	50	50	25
Основні розміри в м . . .	$16 \times 3,7 \times 1,4$	$13 \times 2,8 \times 1,4$	$13 \times 2,8 \times 1,2$	$13 \times 2,3 \times 1,2$
Осадка порожняком в м .	0,5	0,5	0,35	0,35

Основні катеробудівельні верфі Наркомводу (Московська і Городецька) в результаті чотирилітнього досвіду відмовились від великої кількості основних розмірів катерів і звели типи буксирних катерів до двох [34]:

1. $L = 10$ м, $B = 2,5$ м, $H = 1,2$ м, осадка $h = 0,4$ м; потужність 25—30 НР.

2. $L = 13,25$ м, $B = 2,8$ м, $H = 1,225$ м; осадка $h = 0,63$ м; потужність 50 НР.

Наведімо також для прикладу дані про буксирні моторні катери, на яких робили спроби над пристосованістю їх для роботи на газі. Так,

перше газогенераторне судно Наркомводу мав основні розміри: довжина — 9,5 м, ширина — 2,1 м, висота борта — 1,05 м, осадка — 0,6 м. Мотор системи Дейтца, чотирициліндровий, сконструйований для роботи на бензині, потужністю близько 50 НР [47]. Моторний човен, над яким також провадили спроби пристосувати його для роботи на газі, мав такі розміри [36]: $L = 10,5$ м, $B = 4,15$ м, осадка — 0,6 м. Човен мав два мотори Ганомаг, потужністю на бензолі по 37 НР.

Прикладом виконаних конструкцій може служити також вже згадуваний мотобуксир Huglin потужністю 180 НР при основних розмірах: $L = 18,35$ м, $B = 3,8$ м, $H = 1,2$ м, осадка — 0,6 м.

Буксирні катери потужністю 100 НР, збудовані заводом ім. Сталіна (у Києві) мають такі основні розміри: $L = 18,8$ м, $B = 4,35$ м, $H = 1,3$ м осадка — 0,55 м. Для повноти висвітлення трактованого питання розглянемо також належні різним держорганам¹⁾ типи буксирних моторних катерів, що плавають по Дніпру та його притоках. Тут доводиться констатувати дуже велику різноманітність потужності і основних розмірів катерів, — наприклад потужністю від 12 до 124 НР.

Як найбільш типові, можна відзначити такі.

- 1) $L = 10$ м, $B = 1,8$ м, $H = 0,85$ м, осадка — 0,5 м; двигун тракторний „Інтернаціонал“ потужністю 30 НР.
- 2) $L = 12,4$ м, $B = 2,65$ м, $H = 0,85$ м, осадка — 0,55 м; двигун „Форд“ — 40—50 НР.
- 3) $L = 16$ м, $B = 2,5$ м, $H = 0,8$ м, осадка — 0,5 м; двигун потужністю 60—75 НР.

Виходячи з зазначених вище вимог, яким повинні задовольняти буксирні мотокатери для малих рік, і враховуючи наведені вище розміри плаваючих тепер катерів, намічаємо такі основні дані для стандартних типів буксирних мотокатерів.

1. Потужністю 25—30 НР. Основні розміри: довжина — 10 м, ширина 2,2 м, висота борта — 0,85 м; осадка при тридобовому запасі пального (на 36 год.) — не більше 0,50 м; тягове зусилля на гаку при швидкості в тихій воді 5 км/год — 0,25 т.

2. Потужністю 50—60 НР. Довжина — 12,5—13 м, ширина — 2,3—2,8 м, висота борта — 0,9—1,2 м; осадка при тридобовому запасі пального (на 36 год.) — не більше 0,5 м; тягове зусилля на гаку при швидкості 5 км/год у тихій воді — від 0,55 до 0,55 т.

На першому етапі транспортного освоєння для величезної більшості малих рік цими двома типами і можна обмежитись. В дальшій перспективі, а також для рік з більшими шляховими габаритами, можуть бути запроектовані:

3. Потужністю 75—80 НР. Довжина 14,5—15 м, ширина — 3 м, висота борта — 0,9—1,2 м; осадка — 0,6 м; тягове зусилля — від 0,7 до 0,75 т.

4. Потужністю 100—120 НР. Довжина — 17—18,5 м, ширина 3,4—3,8 м, висота борта — 1,0—1,2 м; осадка при тридобовому запасі пального — 0,6 м, тягове зусилля — від 0,9 до 1,2 т (мотобуксир Huglin — як прототип).

¹⁾ За даними огляду суден уповноваженим Регістру СРСР.

Наприкінці треба відзначити, що намічена потужність повинна бути витримана тільки при серійному (масовому) виготовленні. Поки ж немає двигунів власного виробництва спеціально для цілей катеробудування, цілком можливо варіювати потужності в певних границях для використання наявних автомобільних або тракторних двигунів¹⁾.

Розділ VII

Типи суден для перевозки пасажирів

Характер пасажирських перевозок по малих ріках

Піднесення матеріального добробуту і культурного рівня села, як наслідок зміцнення колгоспів і радгоспів і виконання лозунгу т. Сталіна „Зробити всі колгоспи більшовицькими і всіх колгоспників заможними”, приводить до збільшення числа поїздок колгоспників до близьких великих населених пунктів для вивозу лишків продукції на місцеві ринки і для задоволення зрослих культурних потреб. Поряд з цим треба мати на увазі необхідність забезпечити перекидку відхідників, яких колгоспи виділятимуть за договорами з госпорганами для роботи в промислових підприємствах, на транспорті, в усіх видах будівництва і т. ін. Крім того, план експлуатації малих рік повинен також передбачити обслуговування розташованих по берегах рік промислових підприємств перевезенням на роботу і назад робітників з близьких сіл. (Характерно, що тепер деякі підприємства, розташовані на березі Дніпра, аважаючи на недостатнє обслуговування щодо цього Держпароплавством, починають заводити власний флот для таких перевозок, наприклад завод ім. Петровського в Дніпропетровську та ін.)

Зважаючи на це, судна для пасажирських перевозок по малих ріках повинні бути в основному двох типів.

1. Тип пасажирського мотокатера, що обслугує рух пасажирів на радіусі приблизно 20 км в обидві сторони від великого населеного пункта або промислового підприємства.

2. Тип судна, призначеного для поїздок на великі віддалі, напр. до населеного пункта, розташованого при впадінні малої ріки у велику водну магістраль.

Основні дані для проектування розмірів пасажирських мотокатерів

Призначаючи основні розміри, треба виходити з таких основних положень.

1) З необхідності додержати осадки з пасажирами і вантажем, не більшої за 0,6 м.

¹⁾ Підкреслимо також, що без постановки спеціальних випробувань різних типів малих суден в басейнах та на ріках наведені характеристики типових суден треба вважати лише орієнтовними. (Ред.)

2. З необхідності розміщення запроектованої кількості пасажирів.
3. З необхідності додержання величини співвідношення площі живого перерізу ріки до площини зануреної частини мідель-шпангоута не менше 10—15¹⁾.
4. З необхідності витримати задану швидкість (у тихій воді).

5. Оскільки поїздки на малих ріках будуть переважно ділового характеру і відбуватимуться головно вдень і на короткому перебігу, треба виходити з міркувань простоти обладнання і дешевини перевозок.

Для одержання основних розмірів мотокатера треба зробити примірний розподіл заданої кількості пасажирських місць (при чому розрахунок вести тільки на сидячі місця), виділити місце для встановлення мотора, а далі орієнтовно намітити обводи, беручи за зразок краї із виконаних конструкцій, визначити водообсяг і швидкість за одною з практичних формул.

Огляд плаваючих і проектованих пасажирських мотокатерів за літературними джерелами (основні стандартні типи)

Раніше ніж перейти до намічення типів пасажирських мотокатерів, треба ознайомитись з наявними вже проектуваннями таких типів і з моторними пасажирськими суднами, плаваючими як по ріках Союзу, так і закордоном.

Планом реконструкції водного транспорту, розробленим Наркомводом в 1931 р., дані такі типи пасажирських катерів.

1) Потужністю 100 НР, пасажиромістю 200—500 чол., з швидкістю ходу в спокійній воді 20 км/год.

2) Потужністю 50 НР, пасажиромістю 75—150 чол., з швидкістю ходу в спокійній воді 18 км/год.

Порожню осадку катерів для мілководних дільниць прийнято не вище 0,35—0,4 м.

Тут треба віданачити, що зазначені судна як потужністю, так і пасажиромістю не відповідають потребам пасажирського руху по малих ріках, а саме — і пасажиромістість і потужність надто великі. Це врахували верфи Наркомводу (Московська і Городецька), які в результаті чотирилітнього досвіду будують катери і меншого розміру: довжиною 12 м, ширину 2,5 м, з висотою борта 1,2 м, осадкою 0,40 м, потужністю 25—30 НР.

Досліджуючи питання про пасажирські перевозки на малих ріках, не можна пройти повз досвід місцевих пасажирських перевозок по Москві-ріці. Перевозки ці в основному середміські, і більша частина суден — типу водних трамваїв. Проте, всетаки досвід утвореного для виконання перевозок Московського приміського пароплавства може бути використаний для малих рік з відповідним коректуванням.

Катери цього пароплавства обслугують лінії протягом до 20 км. Щодо потужності вони поділяються на два типи: 30 НР і 50 НР, але,

¹⁾ Питання про умови руху з швидкостями вище критичної потребує докладних досліджень, а тому цю норму треба вважати лише як орієнтовну.

крім того, є теплоходи і пароплави для дальніх перевозок потужністю 100—200 НР. Сидячих місць у катері від 30 до 100 (крім того частині пасажирів дозволяється стояти). Основні розміри цих двох типів мотокатерів такі.

1. Тип Туркова, Модаг-Крупа, Рустон: $L = 18 \text{ м}$ (між штевнями) $B = 4 \text{ м}$, $H = 1,2 \text{ м}$; осадка порожняком — $0,6 \text{ м}$, осадка з повним вантажем — $0,7—0,8 \text{ м}$.

2. Тип Юнкерса: $L = 12 \text{ м}$, $B = 2,75 \text{ м}$, $H = 1,2 \text{ м}$; осадка порожняком — $0,5 \text{ м}$, осадка з повним вантажем — $0,6 \text{ м}$.

Крім цих двох типів, є ще тип катера з двигуном Модаг-Крупа потужністю 50 НР з основними розмірами: $L = 20 \text{ м}$, $B = 4 \text{ м}$, $H = 1,15$, осадка порожняком — $0,6 \text{ м}$ і з повним вантажем — $0,7 \text{ м}$, пасажиромісткість — 130 чол. (з них 100 місць для сидіння і 30 чол. дозволяється стояти).

Усі корпуси — дерев'яні.

Досвід Московського приміського пароплавства показує велику дорожину ремонту катерів, що доходить 25—30% будівельної вартості їх (замість нормальних 5—10%).

За даними технічного суду над Московським річним трамваєм¹⁾, проведеного в Москві 25—28 лютого 1934 р., згідно з показами свідків, відповідальних робітників пароплавства, і висновком експертів, причини цієї дорожини ремонту сходять на такі.

1. Поганий догляд, за катерами під час їх експлуатації через низьку кваліфікацію обслугуючого персоналу („зверская и неумелая“ експлуатація, за виразом експерта.)

2. Неналагодженість ремонтних баз, знеосібка, що існувала при ремонті катерів і надто низька кваліфікація робітників на ремонтних базах.

3. Незрівноваженість двигунів, що спричиняла значні вібрації корпусів і, як наслідок цього, розладження сполучень і водотечність (двигуни „Модаг-Крупа“ — двоциліндрові).

4. Надто полегшена, в наслідок намагання досягти мінімальної осадки, конструкція дерев'яних корпусів.

Якщо звернутися до моторних суден, які плавають по Дніпру та його притоках, і які свою осадкою придатні також і для плавання по малих ріках, тут треба зробити висновок, що вони дуже різноманітні своїми основними розмірами і особливо потужністю. Остання обставина пояснюється, як про це сказано вже вище, майже повною²⁾ відсутністю в Союзі спеціальних великих заводів, які займалися б серійним будуванням моторів для човнів і катерів. Зважаючи на це, підприємства, що експлуатують їх, змушені були використовувати мотори, значною мірою амортизовані, і мотори автомобільні і тракторні (Форд, Фордзон, „Інтернаціонал“ — заводів ГАЗ, СТЗ, ХТЗ).

¹⁾ Московський відділ Наукового інженерно-технічного товариства водного транспорту — Технический суд над Московским речным трамваєм, изд. МОНТОВТ, 1934.

²⁾ є в Мелітополі (зав. „Победа“), Воронежі (ім. Сталіна), Астрахані невеликі підприємства, що будують невеликі двигуни, переважно для промисловості.

Дніпровські катери (з дебільшого моторні дуби), з пасажироємністю 80—100 чол. і більше, мають основні розміри¹⁾ від $12,7 \times 2,7 \times 0,86$ м до $20,3 \times 3,63 \times 1,18$ м, потужністю від 16 до 60 НР; катери ж з пасажироємністю від 50 до 60 чол. мають розміри від $11,85 \times 2,38 \times 0,92$ м до $20,5 \times 3,0 \times 1,05$ м і потужність від 12 до 90 НР.

В спеціальних закордонних журналах (Werft-Reederei-Hafen, Schiffbau, Schipbuilder, Motorschip, Schipbuilding- and Schipping Record) ми знаходимо тільки розрізнені дані про окремі мілкі пасажирські моторні катери. З цих даних немає змоги зробити якихнебудь висновків про типи мілких пасажирських моторних катерів закордонного виробництва.

На основі викладеного для пасажирських перевозок на малих ріках, можна намітити два основні типи мотокатерів²⁾.

1. Потужністю 50 НР з основними розмірами: $L = 16 - 17$ м, $B = 2,75 - 3$ м, $H = 1 - 1,1$ м, з граничною осадкою 0,6 м, на 50—75 пасажирів, і

2. Потужністю 25—30 НР з основними розмірами: $L = 12 - 14$ м, $B = 2,3 - 2,5$ м, $H = 0,9 - 1$ м, з граничною осадкою 0,6 м, на 30 пасажирів.

Ці два типи пасажирських моторних катерів, як покажемо нижче на прикладі р. Росі, можна вважати відповідними характерові і іншим умовам пасажирських перевозок по малих ріках.

Швидкість руху пасажирських катерів

Щодо швидкості руху катерів, то, маючи на увазі сказане про опір рухові в мілких ріках (див. розд. IV), треба прийняти швидкість руху вище критичної, а саме ту швидкість, при якій вже настає падання опору (який, як відомо, може знизитись настільки, що стане менший, ніж на глибокій воді). Мінімум опору бував, як показують спроби [8], при швидкості руху судна, на 15—20% більшій проти критичної. Якщо припустити, що пасажирські катери плаватимуть на глибині 0,6—0,7 м, то критична швидкість $v_{kp} = \sqrt{gh} = \sim 9$ км/год, а швидкість, при якій утворюється мінімум опору, — більше на 20%, тобто 11 км/год. На швидкість 11—12 км/год, на нашу думку, при зазначених глибинах і треба провадити розрахунок потужності катерів. Збільшення швидкості руху за зазначену границю вимагатиме збільшення потужності і призведе до збільшення собівартості перевозок, що навряд чи буде виправдано інтересами місцевого населення, яке має потребу в дешевому сполученні при ділових поїздках.

Треба лише зробити 2 зауваження: 1) вимоги прискореного обертання суден, належно обґрутовані, можуть в окремих випадках примусити й на перевищення цієї швидкості; 2) значні корективи може внести й докладне вивчення питань опору рухові по малих ріках, яке тільки розпочате.

¹⁾ За даними огляду уповноваженим Регістру СРСР.

²⁾ Див. зноску на с. 45.

Приклад (вибір основних розмірів пасажирських мотокатерів для р. Рось)

Покажімо на прикладі р. Рось, як встановити основні розміри пасажирських мотокатерів. Згідно з „Пояснительной запиской к коренному улучшению судоходных условий р. Рось от устья до м. Корсуня“, складеною Будівельним відділом Дніпровського держпароплавства, найменший живий переріз ріки 18 м^2 . Для зменшення опору рухові приймаємо відношення площі живого перерізу до площі зануреної частини мідель-шпангоута дорівнюватиме $\frac{\Omega}{\omega} = 10$. Звідси площа зануреної частини мідель-шпангоута дорів-

нюватиме $\frac{18}{10} = 1,8 \text{ м}^2$. Максимальна осадка прийнята в $0,65 \text{ м}$. Визначаємо ширину: $\omega = \beta B h = 1,8$; звідки $B = \frac{1,8}{\beta h} = \frac{1,8}{0,99 \cdot 0,65} = 2,8 \text{ м}$.

Відношення довжини до ширини для пасажирських катерів не менше 5—6. Тоді довжина $L = 14,0 \div 16,8 \text{ м}$. Таким чином основні розміри максимального моторного катера: $L = 16 \text{ м}$, $B = 2,8 \text{ м}$, $H = 1,1 \text{ м}$ (висота надводного борта — $0,45 \text{ м}$); гранична осадка $h_{\text{гр}} = 0,65 \text{ м}$, осадка порожніком — не більше $0,4 \text{ м}$. Потужність катера приймаємо 50 НР (відповідно до прийнятого стандарту). Маючи на увазі, що на Дніпрі працює моторний катер підхідних розмірів, а саме, згідно з даними київського уповноваженого Регістру СРСР, катер потужністю 24—30 НР з основними розмірами: $L = 16 \text{ м}$, $B = 2,75 \text{ м}$, $H = 1,10 \text{ м}$, що підіймає 50 пасажирів, перевірка пасажироємності не потрібна.

Крім цього типу, який може обслуговувати дільницю від м. Корсуня до гирла, для перевезення пасажирів на невеликих перебігах коло м. Корсуня, Богуслава, Набутовського цукрового заводу та ін. треба рекомендувати менший тип, потужністю 25—30 НР і розмірами: $L = 12 \div 14 \text{ м}$, $B = 2,3 \div 2,5 \text{ м}$, $H = 0,9 \div 1,0 \text{ м}$, з граничною осадкою $0,6 \text{ м}$, і пасажироємністю до 30 чол.

За останніми даними¹⁾ Наркомводом проєктується збудування пасажирських катерів трьох типів:

Довжина м	Ширина м	Висота борта м	Осадка м	Потужність НР	Швидкість км/год	Пасажироємн. (осіб)
12	2,5	1,2	0,4	20—30	12	25
18	4	1,2	0,5	50	14—16	100—120
20	4	1,2	0,5	50 ²⁾	17—18	120—160

Перший тип цілком підходить до наміченого нами; судна другого й третього типів для таких рік, як Рось і подібні до неї, надто великі.

¹⁾ Газ. „Водный транспорт“, від 16.IX 1934 р., ст. Бударіна.

²⁾ Очевидно, помилка.

Щодо типу двигуна, то тут можна застосувати все сказане вище про двигуни для буксирних катерів (див. розд. VI).

Зважаючи на відсутність, як це видно з матеріалів обслідування р. Росії, по берегах запасів місцевого палива, крім невеликих запасів торфу, які мається на увазі використати для стаціонарних установок, повинні бути вибрані, як найбільш підхожі і економічні, шестициліндрові двотактні, безкомпресорні двигуни Дізеля з витратою палива 0,165 — 0,180 кг на сило-годину, з 500 обертами за хвилину. Доки з'являться такі двигуни радянського виробництва (Союздизель), можна рекомендувати застосування автомобільних і тракторних двигунів (заводів ЗІС, ХТЗ, СТЗ, ЧТЗ).

Розділ VIII

Матеріал для будування несамохідних суден і моторних катерів

Матеріалом для будування несамохідних суден і моторних катерів для обслуговування малих рік повинне бути дерево. Це потрібне з таких мотивів.

1. Залізо є ще матеріалом дефіцитним і навряд чи можна розраховувати, що його відпускатимуть для катеробудування, коли почувастися недостача його для задоволення важливіших, невідкладних потреб (будування великомірних суден та ін.).¹⁾

2. Такою ж дефіцитною є спеціальність клепальників і електрозварювачів, тим часом як робсилу, потрібну для обробки дерева, забезпечити легше.

3. Дерево є для багатьох рік місцевим матеріалом і тому забезпечення будівництва матеріалами не потребує завантаження залізничного транспорту.

4. Потреба в устаткуванні при будуванні дерев'яних суден менша, ніж при будуванні суден металічних.

5. Створюється можливість будування катерів на місцях майбутньої їх експлуатації, бо не завжди габарити залізничного транспорту дозволяють перевозку мотокатерів на платформах.

6. Саме для будування невеликого несамохідного і моторного флоту доцільність застосування дерева випливає і з чисто технічних міркувань. Питання це вичерпливо розглянуто в статті Шедлінга „Дерево или сталь для постройки шлюпок и катеров“²⁾, витяги з якої (в переробленому вигляді) ми ниже й наводимо.

На користь застосування дерева, як матеріалу для будування шлюпок і катерів, можна навести такі міркування.

1. Вага шлюпок і катерів з суднобудівельної сталі звичайно більша, ніж однакової величини і міцності дерев'яних, тому що листи і профілі металу з розрахунку на місцеві напруження і на ржавіння не можуть

¹⁾ Цей мотив вже втрачає свою силу. (Ред.)

²⁾ „Торговый флот“, № 1, 1929.

бути застосовані такої малої товщини, як це припускається вимогами міцності загальної конструкції. Із збільшенням розмірів катерів різниця стає все менша і в більших суден (блізько 25 м довжини) вона змінює знак, тобто вага великих суден із сталі менша, ніж вага дерев'яних.

2. Дерев'яна обшивка має більшу місцеву міцність, ніж заливана (в наслідок великого поперечного перерізу і високої пружності дерева), добре чинить опір місцевим напруженням, усяке лагодження можна легко виконати, добре утримується пофарбовання.

Дерево як суднобудівельний матеріал має і хиби:

- а) неоднакова міцність в різних напрямах;
- б) здатність до внутрішнього захворювання;
- в) чутливість до змін температури;
- г) важкість надійного виконання зв'язку окремих дерев'яних частин для протидіяння розтягаючим і стискаючим зусиллям.

У свою чергу і сталь має свої хиби:

- а) ржавіння, яке особливо небезпечно при малих розмірах матеріалу;
- б) мала місцева міцність сталі;
- в) необхідність при будуванні застосовувати станки, звідси збільшення вартості;
- г) більша складність процесу будування;
- д) при ремонті необхідна участь спеціальної майстерні.

3. Якщо зіставити величини тимчасового опору розриву (в kg/cm^2) з питомою вагою різних сортів дерева і сталі, то виявляється, що ялина, будучи в 11,7 разів легша за сталь, слабша за неї тільки в 7 разів, а дуб, легший ніж сталь у 8 разів, слабший за неї тільки в 5 разів, тобто відносно своєї ваги дерево має більшу (в 1,6 раза) міцність, ніж сталь.

Питома вага	Тимчасовий опір розриву kg/cm^2
Ялина	0,65 ¹⁾ 650
Дуб	0,95 ¹⁾ 900
Сталь суднобудівельна .	7,6 4500

4. При однаковій міцності на розрив вага сталі завжди більша, ніж вага дерева. Хай сила, що розриває обшивку — 1000 kg . Якщо допустиме напруження на розрив для сосни приймемо в $100 \text{ kg}/\text{cm}^2$, а для сталі $1000 \text{ kg}/\text{cm}^2$, то поперечний переріз для сосни буде $\frac{1000}{100} = 10 \text{ cm}^2$, а для сталі —

сталі $\frac{1000}{1000} = 1 \text{ cm}^2$, і отже вага дерева $F_{l\gamma} = 10 \cdot l \cdot 0,6 = 6l$, а для сталі —

¹⁾ Враховуємо „намокання“ дерева під час перебування у воді.

$1 \cdot l \cdot 7,6 = 7,6 l$, тобто вага сталі більша в $\frac{7,6}{6} = 1,27$ раза, ніж вага соснової обшивки при однаковій міцності на розрив.

5. Не зважаючи на свою легкість, порівнюючи із стальною, дерев'яна обшивка може витримати далеко більший згинальний момент, що видно з такого розрахунку. Оскільки ми бачили вище (див. п. 4), площа перерізу, який чинить опір розривові, в 10 разів більша у соснової обшивки, отже прийнявши ширину (a) обшивки однаковою для сталі і сосни і товщину стальної обшивки в 2 мм, знайдемо, що товщина соснової обшивки повинна бути $2 \times 10 = 20$ мм. Пояс обшивки закріплений на двох шпангоутах і повинен витримати максимальний згинальний момент саме посередині між шпангоутами:

$$M_{\max} = W \cdot k_z,$$

де

W — момент опору, рівний для сталі $\frac{a \cdot 0,2^2}{6} \text{ см}^3$, а для дерева $\frac{a \cdot 2^2}{6} \text{ см}^3$;

k_z — допустиме напруження.

Приймаючи допустиме напруження для сталі в $400—600 \text{ кг}/\text{см}^2$ ¹⁾, а для сосни — $30—50 \text{ кг}/\text{см}^2$ ²⁾, знайдемо, що згинальний момент для сталі $\frac{a \cdot 0,2^2}{6} \cdot 600 = 4 a \text{ кг.см}$, а для сосни $\frac{a \cdot 2^2}{6} \cdot 50 = 33 a \text{ кг.см}$, тобто у 8 разів більший, ніж для сталі.

На практиці можна встановити різницю в 25 % в загальній вазі середнього розміру (довжиною 10—15 мм) катера однакової величини і однакової міцності з сталі і дерева на користь дерева.

Практично границя, на якій питання починав розв'язуватись на користь сталі, лежить в сучасних умовах близько 25 м довжини, і таким чином застосування дерева для будування флоту, що обслуговує малі рікі, є цілком доцільним із міркувань чисто технічного порядку безвідносно до дефіцитності металу. Треба лише зосередити увагу на головній проблемі дерев'яного суднобудівництва — проблемі правильного розподілу й зв'язку дерев'яних деталей.

Розділ IX

Основні дані для розрахунку собівартості перевозок

Зважаючи на відсутність досвіду експлуатації малих рік, в основу обчислень собівартості перевозок для обґрутування добору типів суден покладено дані із звітів Дніпровської управи річного пароплавства (ДУРП) за 1932 і 1933 рр., лиш почасті диференційовані за розмірами суден (наприклад, щодо вартості ремонту лайб і зарплати командам), а щодо решти — прокоректовані відповідно до умов експлуатації малих рік.

¹⁾ Бах, Детали машин, т. I, 1932, с. 103.

²⁾ За Rötscher Maschinenelemente, с. 129.

1. Будівельна вартість запроектованих несамохідних суден обчислена, почаси виходячи з калькуляції, поданої Білкуст-промсоюзом, що буде невеликий непаровий флот для Дніпровської та Дніпро-Дніської управи річного пароплавства, і почаси — з норм на робсилу і розцінки матеріалів, прийнятих в заводах і майстернях ДУРПу.

Підкреслимо, що обчислення собівартості перевозок в цій роботі виконані лише з тією точністю, яка потрібна для обґрунтування найвигідніших типів суден. Орієнтовні кошториси на будування запроектованих типів суден подано в додатку до роботи (відомість № 1 на с. 73) ¹⁾.

2. Будівельна вартість моторних катерів прийнята, виходячи з вартості замовлених НКВодом заводові ім. Сталіна в Києві катерів (без мотора), в 500—600 крб. за 1 НР. Вартість мотора приймаємо в 200 крб. (за практичними даними), разом — 700 крб. за 1 НР (вартість 50 НР мотокатера „Рустон“ Московського приміського пароплавства 33 700 крб., тобто 674 крб. за 1 НР).

3. Штати і зарплата. Штат непарових суден прийнято згідно з нормою ДУРПу: для суден, вантажністю до 100 т — 2 чол., а для суден більшої вантажності (від 100 до 300 т) — 3 чол.

Середньомісячна зарплата (включаючи тоннокілометрові) прийнята згідно з звітними даними ДУРПу за 1933 р. — 96 крб.

Штат, що обслуговує моторні катери, потужністю в 30 і 60 НР, прийнято в кількості 3 чол. Середньомісячна зарплата прийнята за даними річного звіту ДУРПу за 1933 р. в сумі 130 крб.

На експлуатаційні витрати віднесена зарплата протягом 8 місяців, решту дораховано до вартості зимового ремонту (зимовий отстій).

Нараховання на зарплату (соцстрах, місцевком, культфонд) та інші накладні витрати прийняті згідно з даними ДУРПу в розмірі 27% на чисту зарплату.

4. Зимовий і навігаційний ремонт, згідно з річним звітом ДУРПу за 1932 р. обійшовся по непаровому флоту в 54 крб. 90 коп. за 10 т вантажності, а за 1933 р. — 76 крб. 75 коп. Прийнята вартість ремонту в середньому 65 крб. за 10 т, яка диференційована залежно від вантажності (більші судна — дешевше, менші — дорожче відносно 10 т вантажності).

Вартість поточного ремонту мотокатерів на 1 НР становила в 1932 р. 55 крб. 54 коп., а в 1933 р. — 89 крб. 80 коп. Приймемо вартість ремонту (вважаючи, що збільшення вартості в 1933 р. спричинено випадковими обставинами) за даними 1933 р.: 60 НР — 55 крб. за 1 НР, а для 30 НР — по 65 крб. за 1 НР.

¹⁾ Вартість ця безперечно занадто висока, її стахановський рух у суднобудівництві вже внес і безперервно вносить серйозні зміни як у норми витрати матеріалів, так — особливо — і в норми виробітку. Проте ми визнали за можливе залишити обрахунки автора, поскільки вони використані ним лише для прикладу застосування його методики. Разом з тим ми повинні під'єслити, що в основу конкретних розрахунків треба клсти нові технічні норми й покажчики, встановлені на досвіді стахановського руху й на здобутках науки. Це зауваження стосується не лише п. 1, але й всіх обчислень IX та X розділів. (Ред.)

5. Амортизаційні відраховання прийняті для лайб в розмірі 16,25% від будівельної вартості, а моторних катерів — на основі постанови РПО (від 14 грудня 1928 р.) — в розмірі 12,6% від їх будівельної вартості.

6. Норма витрати пального моторними катерами прийнята в 0,28 кг нафти на сило-годину, через відсутність в даний момент спеціальних двигунів для катерів, які стояли б на рівні сучасної техніки, і необхідність користуватися часто двигунами, спеціально не пристосованими для роботи на суднах. Вартість пального прийнята за даними ДУРПу в 130 крб. за 1 т нафти франко — склад. Вартість мастильних та інших навігаційних матеріалів прийнята в розмірі 10% від вартості пального.

7. Пристанські, адміністративні і загальні (накладні) витрати. Абсолютна величина цих витрат в зв'язку з рядом раціоналізаторських і реконструктивних заходів, що проводяться на річному транспорті, неухильно знижується, але процентне співвідношення їх до всіх інших прямих витрат, які також безперервно знижуються, лишається більш-менш постійним. Зроблений аналіз цих витрат за звітними даними Волзької управи річного транспорту (ВУРТ) саме і показав приблизну сталість зазначеного співвідношення пристанських, адміністративних і загальних витрат до суми всіх прямих витрат. Так, за звітними даними ВУРТу це співвідношення становило 30%, за проектуванням же Великої Волги прийнято в 25%.

Зрозуміло, для невеликого транспортного господарства, яким є експлуатація малих рік, дані, одержані на основі обробки звітів великих річних транспортних підприємств, навряд чи можуть бути застосовані без належного коректування. Треба чекати, що процент накладних витрат буде високий, зважаючи на незначний об'єм робіт цих невеликих підприємств. Зважаючи на відсутність таких підприємств, а отже й будъякого досвіду в цьому відношенні, вважаємо за можливе для наших розрахунків прийняти процент накладних витрат рівним 20%¹⁾ (припускаючи зниження їх коштом зменшення номенклатури витрат).

Розділ X

Вибір найвигіднішого типу буксирних суден (несамохідних суден і моторних катерів) для р. Сули

В основу вибору типів суден для р. Сули взята викладена вище методика і дані з проекту регулювання р. Сули, розробленого Київською обласною конторою Меліотресту [31].

Основні дані для проектування

Згідно з „Пояснительной запиской № 11“ для проектування регулювання р. Сули від Дніпра до м. Ромен протягом 274 км і по р. Удаю від гирла до с. Піски протягом 32 км, мною в дальших розрахунках прийнято:

¹⁾ Цю величину треба вважати, порівнюючи з великими пароплавствами, переменшеною. (Ред.)

1. Експлуатаційний період — 230 днів.

2. Оскільки за даними „Записки“ весняні води спливають з першої дільниці (гирло Сули — Лубні) в середньому 16. V, а з другої дільниці (Лубні — Ромни) — 2. V, а навігація в середньому відкривається 10. IV, то тривалість весняного періоду прийнята для першої дільниці в 36 днів і для другої дільниці — 22 дні. Меженний період для першої дільниці прийнятий в 124 дні, а для другої дільниці — 138 днів. Тривалість осіннього періоду прийнято для обох дільниць в 70 днів.

3. Габарити шляху. Перша дільниця має найменшу ширину по дну 15 м, глибину протягом весняного періоду — 2,3 м, під час межені — 1,2 м і протягом осіннього періоду — 1,8 м.

Друга дільниця має найменшу ширину по дну 7,5 м. Глибина на другій дільниці у весняний період — 1,75 м, під час межені — 1 м і в осінній період — 1,4 м. Найменший радіус закруглення за проектом 200 м.

4. Швидкість течії — в середньому 0,45 м/сек. Вона коливається в різni періоди навігації, а саме:

	Весною	В межень	Восени
Перша дільниця (гирло р. Сули — Лубні) в м/сек.	0,59	0,37	0,51
Друга дільниця (Лубні — Ромни) в м/сек	0,52	0,33	0,42

Встановлення основних розмірів граничного за шляховими габаритами судна

Маючи на увазі сказане вище в розд. IV про опір суден рухові і зокрема про величезне значення запасу води під днищем для зменшення опору, зважаючи на порівнюючи великі глибини, запроектовані для р. Сули, приймаємо запас води під днищем в 0,25 м.

Площа живого перерізу каналізованої ріки в межень на першій дільниці становить

$$\frac{(15 + 22,2) \cdot 1,2}{2} = 22,32 \text{ м}^2$$

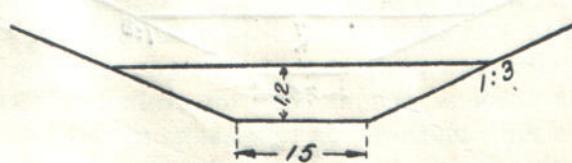


Рис. 7.

Допустима найбільша ширина непарового судна визначиться з рівняння звідки

$$1,4 \cdot 2 B = 16,5,$$

$$B = \frac{16,5}{2,8} = \sim 5,8 \text{ м}$$

Гранична осадка, беручи на увагу зазначений запас під днищем, становить у межень $1,2 - 0,25 = 0,95 \text{ м}$. Перевірмо співвідношення площи живого перерізу ріки до площи зануреної частини мідель-шпангоута:

$$m = \frac{22,32}{0,99 \cdot 5,8 \cdot 0,95} = 4,1,$$

що відповідає мінімальній нормі, встановленій ХІІ Міжнародним судноплавним конгресом.

Відношення довжини до ширини приймаємо в 3,8 і таким чином розміри граничного судна у плані повинні бути:

$$L = 22 \text{ м}, \quad B = 5,8 \text{ м}$$

Щодо найвигіднішої висоти борта, то її встановлюємо за принципом найменшої собівартості перевозок у суднах однакових розмірів в плані (визначених вище), але з різною висотою борта. Для розрахунків намічаємо чотири варіанти суден з висотою борта, встановленою: 1) за максимальними (весняними) глибинами, 2) за осінніми глибинами, 3) за середньо-експлуатаційними глибинами¹⁾ і 4) за меженною глибиною. Висоту сухого борта приймаємо при наявності вздовж борта палуб дніпровського типу в два ряди дощок (кренделів або фальшбортів) в 0,25 м, а без них — 0,3 м.

Таким чином приходимо до чотирьох розрахункових типів суден з основними розмірами:

$$1) L = 22 \text{ м} \quad B = 5,8 \text{ м} \quad H = 2,25 \text{ м}$$

$$2) L = 22 \text{ м} \quad B = 5,8 \text{ м} \quad H = 1,8 \text{ м}$$

$$3) L = 22 \text{ м} \quad B = 5,8 \text{ м} \quad H = 1,6 \text{ м}$$

$$4) L = 22 \text{ м} \quad B = 5,8 \text{ м} \quad H = 1,2 \text{ м}$$

Зробімо аналогічний розрахунок і для другої дільниці.

Площа живого перерізу ріки в межень — $\frac{21}{2} = 10,5 \text{ м}^2$.

Ширина найбільшого судна визначиться:

$1,3 \cdot 2 B = 9$ (ширина каналу на висоті днища судна при запасі води під днищем в 0,25 м). Звідси: $B = \frac{9}{2,6} = \sim 3,5 \text{ м}$.

Довжина судна $L = 3,5 \times 3,8 = 13,3 \text{ м}$.

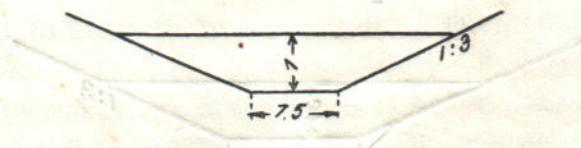


Рис. 8.

Середня експлуатаційна глибина на цій дільниці

$$\frac{1,75 \cdot 22 + 1 \cdot 138 + 1,4 \cdot 70}{230} = \frac{274}{230} = 1,2 \text{ м.}$$

¹⁾ Середня експлуатаційна осадка дорівнює $\frac{2,36 + 0,95 \cdot 124 + 1,55 \cdot 70}{230} = 1,3 \text{ м.}$

Отже для цієї дільниці розрахункові типи суден будуть:

1. $L = 13,3 \text{ м}$	$B = 3,5 \text{ м}$	$H = 1,75 \text{ м}$
2. $L = 13,3 \text{ м}$	$B = 3,5 \text{ м}$	$H = 1,4 \text{ м}$
3. $L = 13,3 \text{ м}$	$B = 3,5 \text{ м}$	$H = 1,2 \text{ м}$
4. $L = 13,3 \text{ м}$	$B = 3,5 \text{ м}$	$H = 1 \text{ м}$

Вважаючи габарити шляху на II дільниці за мінімальні, при яких можливе правильне судноплавство, для неї менших суден не проектуємо. Для I же дільниці намічаємо ще менший проти граничного типу судна: $L = 16 \text{ м}$, $B = 4 \text{ м}$, також в чотирьох варіантах за висотою борта (див. табл. 1 і 8, судна під № 5, 6, 7 і 8) і таким чином маємо всього 12 розрахункових типів для вибору найвигіднішого типу судна при конкретних умовах перевозок. Останній тип перевіряємо також в умовах і II дільниці, оскільки обидві дільниці складають єдиний водний шлях.

Осадку всіх намічених типів суден порожняком встановлено на основі зробленого підрахунку ваги цих суден (див. відомість № 1), при чому припущенено, що судна під № 1—4 мають півкріплену конструкцію з встановленням дубового поперечного набору, з будуванням вадовж судна кренделів (або фальшбортів) дніпровського типу, а решту суден прийнято, для зменшення осадки, полегшеної конструкції з встановленням соснового і ялинового поперечного набору.

Коефіцієнт повноти водообсягу для розрахунку вантажності і порожньої осадки прийнято згідно з даними судно-механічної служби ДУРПу для подібних типів суден (за теоретичним рисунком): для судна з повним вантажем $\delta = 0,76$, а для судна порожняком $\delta_0 = 0,75$.

Конче треба застерегтися, що в цьому прикладі ми обмежуємося встановленням найвигіднішого типу судна для місцевих перевозок в межах р. Сули відповідно до програми даної роботи (див. розд. I).

Щодо значних транспортних перевозок, які згідно з зазначеною „Пояснительной запиской“ Меліотресту¹⁾ передбачаються в 1937 р., як наприклад, продуктів сільсько-господарського виробництва (186 572 т в Кременчуці і Черкаси), цукру (10 000 т в Кременчуці і 30 000 т у Київ), спирту з Лубенъ у Київ (20 000 т), то виконання їх можливо двома способами: або в максимальному за шляховими габаритами р. Сули судні до дніпровських пристаней (але при цьому не будуть використовуватись цілком дніпровські габарити і судна повинні бути пристосовані до наскрізного плавання), або ж коло гирла р. Сули треба провадити перевантаження на більші судна. Вигідність того або іншого способу виконання транзитних перевозок може бути виявлена і встановлена лише способом порівняльного розрахунку собівартості перевозок обома способами з урахуванням вартості такого перевантаження і витрати простійного часу. Можна проте мати сумнів саме в даному конкретному випадку щодо вигідності такого перевантаження, зважаючи на порівнюючи незначний перебіг по Дніпру від гирла р. Сули до пристаней Кременчук і Черкаси, куди

¹⁾ Треба підкреслити, що розрахунок вантажообігу р. Сули, зроблений Меліотрестом, не можна вважати типовим для малих річок і він взятий, як приклад, лише через відсутність інших економічних досліджень. (Ред.)

переважно заплановано відправлення основної маси вантажів (гирло Сули — Черкаси — 60 км, гирло Сули — Кременчук — 71 км).

Тут цілком до речі зауважити, що для цих транзитних перевозок більше підійшов би тип складового (секційного) судна, що намічався за планом реконструкції, одна секція якого мала б вантажність, відповідну умовам р. Сули (100 т і менше). В такому випадку можна було б, при буксируванні їх до Дніпра по одному або по два за буксирним моторним катером, коло гирла з'єднувати їх в одне велике секційне судно (наприклад, вантажністю в 1000 т), яке відповідало б умовам плавання по Дніпру на цьому плесі і потужності наявних буксирів. На жаль, питання про будування таких суден перебував ще в стадії розробки.

Обчислення собівартості перевозок

(Таблиці № 1—16)

Будівельна вартість несамохідних суден, як сказано вище, обчислена за розцінками, прийнятими в майстернях ДУРПу. Розрахунок дано у відомості № 1. Річну вартість експлуатаційного утримання несамохідних суден і моторних катерів обчислено, виходячи з основних даних, наведених в розд. X (див. відомості № 2 і 3).

Собівартість перевозок на першій дільниці визначалась для перевозки від гирла р. Сули до Лубень (вгору) 18 610 т вантажів на середньому перебігу 41 км (односторонній вантажопотік), а в другий дільниці — для перевозки вантажів від Лубень до Ромен і назад на середньому перебігу 40 км (двосторонній рівномірний вантажопотік). Для першої дільниці взято судна № 1—8, а для другої — № 5—12.

Коефіцієнт використання вантажності для полегшення розрахунків прийнято для всіх суден рівним одиниці.

Швидкість вантажно-розвантажних робіт прийнята в умовах малих рік — 200 т на добу на судно.

Втрата від швидкості течії (і навпаки, додаткова швидкість від течії при руху вниз) прийнята рівною швидкості течії (вважаючи її ніби рівномірною).

Розрахунки зроблені при різних швидкостях буксирування: для першої дільниці при швидкостях (в спокійній воді) $v = 1,2; 1,4; 1,6 \text{ м/сек}$, а для другої — при швидкостях $v = 1,0; 1,2; 1,4; 1,6 \text{ м/сек}$.

Опір суден розраховано за формулою Геберса (див. розд. IV). Коефіцієнт вирового опору взято за формулою $\varphi = 4,5\delta - 0,55$, яка при $\delta = 0,76$ дає значення $\varphi = 2,87$.

Потужність, потрібна для тяги при певному опорі, розраховувалась за формулою $N = \frac{Rv}{75\eta_0}$, де η_0 — буксирувальний коефіцієнт корисної дії.

На жаль, в літературі не вдалося знайти даних динамометричних випробувань моторних катерів, а тому встановити оснований на ряді випробувань закон зміни буксирувального коефіцієнта корисної дії при різних швидкостях руху з достатньою точністю не було зможи. Нижче наведено графік зміни зазначеного коефіцієнта згідно з даними динамо-

метричного випробування моторного катера потужністю 100 НР (два двигуни Дейтц по 50 НР), збудованого Київським заводом ім. Сталіна.

Нами прийнято збільшення низького коефіцієнта корисної дії на 50% (крива II): при швидкості $v = 1 \text{ м/сек}$ — прийнято $\eta_0 = 0,15$; при швидкості $v = 1,2 \text{ м/сек}$ — прийнято $\eta_0 = 0,18$ і при швидкостях $v = 1,4 \text{ м/сек}$ і $1,6 \text{ м/сек}$ прийнято $\eta_0 = 0,2$.

При обчисленні часу обертання інші простоти несамохідних суден, крім

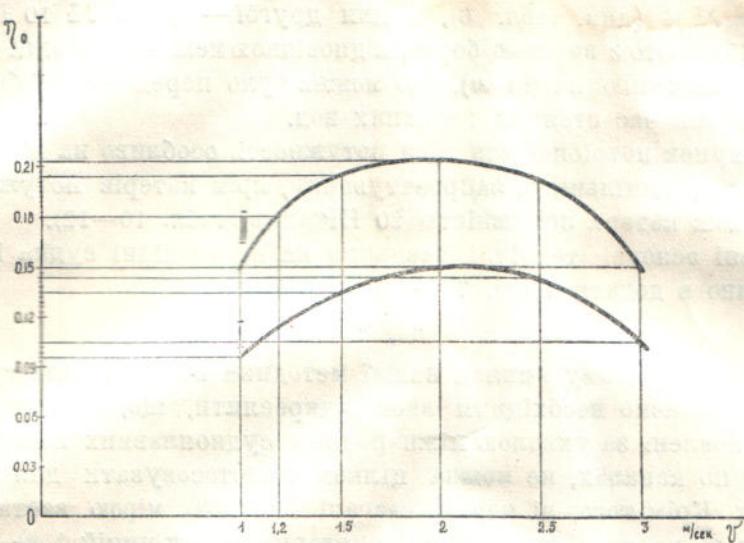


Рис. 9.

Графік зміни буксирувального коефіцієнта корисної дії моторних катерів залежно від швидкості за даними динамометричних випробувань (I) і запроектований для нових конструкцій катерів (II).

простої під навантаженням і вивантаженням, прийняті в розмірі 30% від часу обертання (за звітними даними ДУРПу за 1933 р. інші простоти склали по тоннажо-добам 53% усього експлуатаційного часу, а по суднодобам — 51%; чистий ходовий час становив усього 21,6%).

Щоб поставити всі судна в одинакові умови, вартість тяги обчислялась для першої дільниці за стандартним катером потужністю 60 НР¹⁾ і для другої — за стандартним катером 30 НР. При цьому число ходових діб за навігацію прийнято для обох катерів в 115 (тобто 50% експлуатаційного часу), і вартість катера за ходову добу одержано через поділ їх річної вартості утримання на 115. Для витрати пального приймалась тільки частина потужності, що відповідає потрібній тязі для буксирування з даною швидкістю. Витрата пального на хід порожняком вираховувалась в розмірі 20% від ходу з вантажем на основі зроблених підрахунків.

Усі розрахунки дають тільки експлуатаційну (правильніше — рухову) собівартість без шляхової складової.

¹⁾ Крім випадку $v = 1,2 \text{ м/сек}$, коли, зважаючи на малі потрібні потужності, за основу для розрахунку тяги взято катер в 30 НР.

Висновок

Проаналізувавши одержані результати підрахунків, приходимо до таких висновків щодо типів суден у наведеному прикладі.

1. Найвигідніша швидкість буксирування, при який одержується найменша собівартість перевозок — коло 1,4 м/сек, що цілком стверджує наші припущення (див. табл. 5—7 та 13—16).

2. Найвигіднішим виявилось для даних перевозок¹⁾ для першої дільниці судно № 4 (див. табл. 6), а для другої — судна № 10 і 12 (див. табл. 14 і 15), тобто з висотою борта, відповідною меженню осадці (а також більшою за меженню на 0,4 м), що можна було передбачити, беручи на увагу незначний час стояння весняних вод.

3. Розрахунок потрібної для тяги потужності, особливо на другій дільниці, вказує на доцільність запроектування, крім катерів потужністю 30 і 60 НР, також катера потужністю 20 НР (див. табл. 10—12).

Розроблені основні технічні завдання на несамохідні судна і моторні катери подано в додатках (сс. 77—80) як приклад.

* * *

Закінчуячи на цьому виклад нашої методики вибору типів суден для малих рік, вважаємо необхідним знов підкреслити, що, на нашу думку, норми, встановлені за ухвалою міжнародних судноплавних конгресів для руху суден по каналах, не можна цілком пристосовувати для руху по малих ріках. Крім того, ці норми взагалі значною мірою застаріли, бо вони засновані на дослідженнях суден старих конструкцій і не враховують новіших досягнень науки про рух суден. Ми вважаємо, що для встановлення відповідних норм і припустимого відношення (m) площі живого перерізу судноплавної частини ріки до площі змоченого міделя, норми величини інтервалів між зустрічними суднами й берегом, для встановлення припустимої швидкості руху в звужених місцях при різних величинах m і т. д. — потрібно найближчого ж часу поставити в натурних умовах малих рік систематичні дослідження руху суден з обрисами сучасних форм, при яких значно зменшується хвилевий та вирівніваний опір, а також поставити й лабораторні дослідження в зазначених питаннях. Проте вже зараз можна передбачити, що оскільки на малих ріках звужені місця змінюються плесами з набагато більшим розміром шляхових габаритів, то для малих рік зазначені норми можливо буде пом'якшити в бік припущення меншої величини m в звужених місцях, збільшення швидкості руху тощо.

Щодо існуючих нормативів будівної вартості суден, вартості ремонту їх тощо, то вони безумовно будуть значно знижені завдяки стахановському рухові, який вже охоплює і ці галузі.

Отже, застосовуючи викладену методику вибору типа суден для малих рік, треба ввесіть час мати на увазі орієнтовне значення поданих числових показчиків і потребу всіляко домагатися їх покращання.

¹⁾ Остаточний висновок про тип найвигіднішого судна можна було б зробити, виконавши підрахунки і для інших маршрутів, але це виходить за межі даної роботи.

ДОДАТКИ

Дільниця: гирло р. Сули—Лубні

Таблиця 1

Основні дані для розрахунку собівартості перевозок в суднах № 1—8

№ цифра	Основні розміри	Вантажність		Затурача площа мі- дель-штангоута		Повна зморочна поверхня s		Змочена поверхня бортів s_6		Відношення площі жи- вого перевезення до площі занур. част. міделя m	
		БЕСТО	БОСЕНІН	БЕСТО	БОСЕНІН	БЕСТО	БОСЕНІН	БЕСТО	БОСЕНІН	БЕСТО	БОСЕНІН
1	22	5,8	2,25	2,0	0,26	170	67	125	11,5	5,45	8,9
2	22	5,8	1,8	1,55	0,25	125	68	125	8,9	5,45	8,9
3	22	5,8	1,6	1,3	0,23	100	70	100	7,45	5,45	7,45
4	22	5,8	1,2	0,95	0,22	70	70	70	5,45	5,45	5,45
5	16	4	2,0	1,7	0,28	70	70	32	6,75	3,75	6,15
6	16	4	1,65	1,35	0,25	55	55	34	5,5	5,35	5,35
7	16	4	1,4	1,1	0,23	40	40	35	4,35	3,75	4,35
8	16	4	1,15	0,85	0,22	30	30	30	3,36	3,36	3,36

Розрахунок опору несамохідних суден № 1—8 і потрібної тяги при швидкості $v = 1,2 \text{ м/сек}$

№ цифра	Швидкість зустрічного потоку $v_{\text{зустр}}$	$(v + v_{\text{зустр}})^{2,25}$			Опір води рухові судна (в кг)			Потрібна тяга в НР			середня за наві- ганняю
		весною	під час моженні	весною	під час моженні	весною	під час моженні	весною	під час моженні	весною	
1	0,204	0,28	0,246	2,15	2,44	2,29	196	152	180	17,4	13,5
2	0,147	0,28	0,246	1,96	2,44	2,29	154	152	180	13,7	13,6
3	0,120	0,28	0,197	1,88	2,44	2,13	135	152	158	13,5	13,5
4	0,084	0,28	0,135	1,76	2,44	1,91	110	152	119	9,8	10,6
5	0,107	0,18	0,156	1,82	2,04	2,02	92,5	74,5	99	8,2	8,8
6	0,082	0,18	0,182	1,75	2,04	1,9	77,5	74,5	84	6,9	7,5
7	0,065	0,18	0,104	1,7	2,04	1,82	67	74,5	71,7	6	6,6
8	0,0495	0,154	0,078	1,66	2,02	1,74	58	70,5	61	5,15	5,4

Таблиця 2

— 62 —

Таблиця 3

Розрахунок опору несамоходних суден № 1—8 і потрібної тяги при швидкості $v = 1,4 \text{ м/сек}$

№ ХІХ СУХИХ ГЕСМО- ХІХ СУХИХ ГЕСМО-	Швидкість зустрічного потоку $v_{\text{зупр}}$	$(v + v_{\text{зупр}})^{2,25}$		Опір води рухові судна (в кг)		Потрібна тяга в НР	
		під час весни	під час межени	весною	весною	під час межени	весною
1	0,24	0,285	0,285	3,06	3,45	279	216
2	0,174	0,23	0,23	2,77	3,45	218	216
3	0,142	0,23	0,23	2,64	3,45	190	2,6
4	0,019	0,33	0,157	2,19	2,7	156	218
5	0,126	0,215	0,182	2,6	2,93	132	107
6	0,097	0,215	0,153	2,49	2,93	110	104
7	0,077	0,215	0,121	2,4	2,93	94,5	107
8	0,0585	0,183	0,91	2,34	2,82	82	98

Дільниця: гирло р. Сула — Лубні

Розрахунок опору несамоходних суден № 1—8 і потрібної тяги для буксирування їх із швидкістю $v = 1,6 \text{ м/сек}$

№ ХІХ СУХИХ ГЕСМО- ХІХ СУХИХ ГЕСМО-	Швидкість зустрічного потоку $v_{\text{зупр}}$	$(v + v_{\text{зупр}})^{2,25}$		Опір води рухові судна (в кг)		Потрібна тяга в НР	
		під час весни	під час межени	весною	весною	під час межени	весною
1	0,3	0,348	0,348	4,26	4,767	4,48	386
2	0,217	0,348	0,348	3,85	4,76	4,15	302
3	0,177	0,398	0,279	3,64	4,76	3,71	262
4	0,124	0,398	0,191	3,38	4,76	3,71	212
5	0,158	0,256	0,221	3,58	4	3,84	182
6	0,121	0,256	0,186	3,38	4	3,68	150
7	0,096	0,256	0,147	3,28	4	3,52	129
8	0,073	0,218	0,110	3,19	3,84	3,35	111

Таблиця 4

середня за наві- гацією	під час межени	Потрібна тяга в НР	
		весною	осеню
22,3	24	20,2	24
21,3	20,2	20,2	20,4
19,9	17,7	14,6	15,8
18,0	14,3	10	10,7
11,3	11,1	9	11,1
9,8	9,4	10	9,4
9,6	8	7,7	8
8,6	8	8	8

Дільниця: гирло р. Сули — Лубні

Розрахунок продуктивності валки й со

№№ несамохідних суден	Елементи використання експлуатаційного часу і час одного оберту (в добах)											
	протягом весняного періоду				протягом меженного періоду				протягом осіннього періоду			
	ходовий час угору	ходовий час униз	час на ван-таж.-розвант. роботи	час одного оберту	ходовий час угору	ходовий час униз	час на ван-таж.-розвант. роботи	час одного оберту	ходовий час угору	ходовий час униз	час на ван-таж.-розвант. роботи	час одного оберту
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0,695	0,277	1,7	3,82	0,547	0,31	0,67	2,18	0,612	0,293	1,25	3,08
2	0,695	0,277	1,25	3,17	0,547	0,31	0,68	2,2	0,612	0,293	1,25	3,08
3	0,695	0,277	1,0	2,82	0,547	0,31	0,7	2,22	0,612	0,293	1	2,72
4	0,695	0,277	0,7	2,39	0,547	0,31	0,7	2,22	0,612	0,293	0,7	2,29
5	0,695	0,277	0,7	2,39	0,547	0,31	0,32	1,68	0,612	0,293	0,6	2,18
6	0,695	0,277	0,55	2,17	0,547	0,31	0,34	1,71	0,612	0,293	0,55	2,08
7	0,695	0,277	0,4	1,96	0,547	0,31	0,35	1,72	0,612	0,293	0,4	1,86
8	0,695	0,277	0,3	1,82	0,547	0,31	0,3	1,65	0,612	0,293	0,3	1,72

Дільниця: гирло р. Сули — Лубні

Розрахунок продуктивності валки й со

№№ несамохідних суден	Елементи використання експлуатаційного часу і час одного оберту (в добах)											
	протягом весняного періоду				протягом меженного періоду				протягом осіннього періоду			
	ходовий час угору	ходовий час униз	час на ван-таж.-розвант. роботи	час одного оберту	ходовий час угору	ходовий час униз	час на ван-таж.-розвант. роботи	час одного оберту	ходовий час угору	ходовий час униз	час на ван-таж.-розвант. роботи	час одного оберту
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0,585	0,241	1,7	3,61	0,46	0,268	0,67	2,0	0,525	0,25	1,25	2,89
2	0,585	0,241	1,25	2,27	0,46	0,268	0,68	2,01	0,525	0,25	1,25	2,89
3	0,585	0,241	1,0	2,61	0,46	0,268	0,7	2,04	0,525	0,25	1,0	—
4	0,585	0,241	0,7	2,18	0,46	0,268	0,7	2,04	0,525	0,25	0,7	2,11
5	0,585	0,241	0,7	2,18	0,46	0,268	0,32	1,5	0,525	0,25	0,6	1,96
6	0,585	0,241	0,55	1,97	0,46	0,268	0,34	1,53	0,525	0,25	0,55	1,89
7	0,585	0,241	0,4	1,75	0,46	0,268	0,35	1,54	0,525	0,25	0,4	1,69
8	0,585	0,241	0,3	1,61	0,46	0,268	0,3	1,47	0,525	0,25	0,3	1,54

вартості перевозок при $v = 1,2 \text{ м/сек}$

Таблиця 5

оберту	Кількість обертів			Видатність одного судна в тисячах тоннокілометрів						Собівартість		
	протягом весняного періоду	протягом меженного періоду	протягом осіннього періоду	протягом весняного періоду	протягом меженного періоду	протягом осіннього періоду	за навігацію	Ходовий час з вантажем (у добах)	Утримання тяги (в крб.)	Утримання тоннажу (в крб.)	$1 \text{ т}/\text{км}$ (в коп.)	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
9,45	57,0	22,7	66,0	156	116	338	51,65 78,7 52,8 80 55,2 83,6 59,7 90,2 70,8 107,5 71,8 108,6 75,1 113,4 79,7 121,2	4385	6684	3,26		
11,35	56,5	22,7	41	174	116	331	4270	6356	3,21			
12,8	56	25,7	42,5	161	105	318,5	4650	6132	3,24			
15	56	30,6	43	159	88	290	4120	4848	3,1			
15	74	32,5	43	97	80	220	3010	4218	3,28			
16,6	72,5	33,7	38	76	102	216	2790	4026	3,15			
18,3	72	37,6	30	103	62	195	2695	3798	3,32			
19,7	75	40,7	24	92	50	166	2665	3696	3,84			

вартість перевозок при $v = 1,4 \text{ м/сек}$

Таблиця 6

оберту	Кількість обертів			Продуктивність одного судна в тисячах тоннокілометрів						Собівартість		
	протягом весняного періоду	протягом меженного періоду	протягом осіннього періоду	протягом весняного періоду	протягом меженного періоду	протягом осіннього періоду	за навігацію	Ходовий час з вантажем (у добах)	Утримання тяги (в крб.)	Утримання тоннажу (в крб.)	$1 \text{ т}/\text{км}$ (в коп.)	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
10,0	62,0	24,2	70	170	124	364	47,15 72 48,1 73,5 50,6 76,9 55,0 88,8 66,5 101,4 67,3 102,7 70,8 107,7 75,7 115	4650	6684	3,12		
12,1	61,5	24,2	62	171	124	357	4580	6356	3,06			
13,8	60,7	27,5	56	175	113	344	4515	6132	3,1			
16,5	60,7	33,2	47	175	95	317	4370	4848	2,9			
16,5	82,5	35,8	47	108	88	243	3365	4218	3,12			
18,3	81	37	41	113	84	238	2960	4026	2,95			
20,6	80,7	41,5	34	116	68	218	3050	3798	3,15			
22,4	84	45,6	28	103	56	187	2930	3696	3,54			

Дільниця: гирло р. Сули—Лубні

Розрахунок продуктивності валки

№ № несамохідних суден	Елементи використання експлуатаційного часу і час одного оберту (в добах)											
	протягом весняного періоду				протягом меженного періоду				протягом осіннього періоду			
	ходовий час угору	ходовий час униз	час на вантаж.-розвант.	час одного оберту	ходовий час угору	ходовий час униз	час на вантаж.-розвант.	час одного оберту	ходовий час угору	ходовий час униз	час на вантаж.-розвант.	час одного оберту
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0,472	0,217	1,7	3,41	0,386	0,241	0,67	1,85	0,431	0,227	1,25	2,73
2	0,472	0,217	1,25	2,77	0,386	0,241	0,68	1,87	0,431	0,227	1,25	2,73
3	0,472	0,217	1,0	2,41	0,386	0,241	0,7	1,9	0,431	0,227	1,0	2,37
4	0,472	0,217	0,7	1,98	0,386	0,241	0,7	1,9	0,431	0,227	0,7	1,94
5	0,472	0,217	0,7	1,98	0,386	0,241	0,32	1,35	0,431	0,227	0,6	1,8
6	0,472	0,217	0,55	1,77	0,386	0,241	0,34	1,38	0,431	0,227	0,55	1,73
7	0,472	0,217	0,4	1,56	0,386	0,241	0,35	1,4	0,431	0,227	0,4	1,51
8	0,472	0,217	0,3	1,41	0,386	0,241	0,3	1,32	0,431	0,227	0,3	1,37

Дільниця Лубні—Ромни

Основні дані для розрахунку собівартості

№ № несамохідних суден	Основні розміри					Вантажність у т				Занурена площа мідель-шпангоута φ у м²			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
5	16,0	4,0	2,0	1,7	0,28	70	70	23	43	5,94	2,97	4,55	
6	16	4	1,65	1,35	0,25	55	55	24	44	5,35	2,97	4,55	
7	16	4	1,4	1,1	0,23	42	42	25	42	4,35	2,97	4,35	
8	16	4	1,15	0,85	0,22	30	30	26	30	3,36	2,97	3,36	
9	13,3	3,5	1,75	1,5	0,22	45	45	18	32	5,2	2,6	4	
10	13,3	3,5	1,4	1,15	0,20	35	34	20	34	4	2,6	4	
11	13,3	3,5	1,2	0,95	0,19	25	28	21	28	3,28	2,6	3,28	
12	13,3	3,5	1,0	0,75	0,18	20	22	22	22	2,6	2,6	2,6	

собівартості при $v = 1,6 \text{ м/сек}$

Таблиця

Кількість обертів			Продуктивність одного судна в тисячах тоннокілометрів				Собівартість			
посинного періоду		протягом меженню періоду	протягом весняного періоду		протягом меженню періоду	протягом осіннього періоду	Ходовий час ван- тажем (у добах)		Утримання тяги (в крб.)	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
10,55	67,0	25,6	74	184	131	389	41,8 66,1	6540	6684	3,4
13	66,3	25,6	66	185	131	382	42,75 67,25	6620	6356	3,4
14,9	65,2	29,6	61	187	121	369	45 70,8	6455	6132	3,42
18,1	65,2	36	52	187	103	342	49,25 77,1	6350	4848	3,27
18,1	92	38,8	52	121	96	269	60,75 95,7	4910	4218	3,39
20,3	90	40,5	46	125	91	262	61,8 97,1	4600	4026	3,28
23	88,5	46,3	38	127	76	241	64,9 101,8	4475	3798	3,44
25,5	94	51	31	115	63	209	70,3 110,1	4310	3696	3,83

Таблиця 8

сті перевозок в суднах № 5—12

змочена поверхня s_1			Змочена поверхня бортів s_2				Відношення площини живого перерізу до площини зануреної частини міделя m			
13	14	15	Поверхня днища s_d	16	17	18	19	20	21	22
95	75	86	48	47	27	38	3,75	3,54	3,6	
91	75	86	48	43	27	38	4,15	3,54	3,6	
75	75	84	48	36	27	36	5,12	3,54	3,76	
75	75	77	48	29	27	29	6,62	3,54	4,88	
56,5	65,5	35	38,5	21,5	30,5	4,3	4	4,1		
56,5	65,5	35	30,5	21,5	30,5	5,6	4	4,1		
56,5	61	35	26	21,5	26	6,8	4	5		
56,5	56,5	35	21,5	21,5	21,5	8,6	4	6,3		

Дільниця Лубні—Ромни

Таблиця 9

Розрахунок опору несамохідних суден № 5 — 12 і потрібної тяги при $v = 1 \text{ м/сек}$

№ № несамохід- них суден	Швидкість зустріч. потоку $v_{\text{зустр}}$			$(v + v_{\text{зустр}})^{2,25}$			Опір води рухові судна (в кг)			Потрібна тяга в НР			
	весною	під час межени	осені	весною	під час межени	осені	весною	під час межени	осені	весною	під час межени	осені	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
5	0,176	0,262	0,26	1,44	1,69	1,68	68,0	55,5	68	6	5	6	5,4
6	0,154	0,262	0,26	1,39	1,69	1,68	61,5	55,5	68	5,5	5	6	5,3
7	0,118	0,262	0,209	1,28	1,69	1,52	50,5	55,5	59,5	4,5	5	5,3	5
8	0,086	0,262	0,149	1,2	1,69	1,37	41,5	55,5	47,3	3,7	5	4,2	4,65
9	0,147	0,222	0,186	1,36	1,58	1,46	51,7	40,5	47	4,6	3,6	4,2	3,9
10	0,105	0,222	0,186	1,25	1,58	1,46	40,3	40,5	47	3,6	3,6	4,2	3,8
11	0,084	0,222	0,144	1,18	1,58	1,36	34,2	40,5	39,4	3	3,6	3,5	3,5
12	0,064	0,222	0,126	1,13	1,58	1,31	29	40,5	33,6	2,6	3,6	3	3,3

Дільниця Лубні—Ромни

Таблиця 10

Розрахунок опору несамохідних суден № 5 — 12 і потрібної тяги при $v = 1,2 \text{ м/сек}$

№ № несамохід- них суден	Швидкість зустріч. потоку $v_{\text{зустр}}$			$(v + v_{\text{зустр}})^{2,25}$			Опір води рухові (судна в кг)			Потрібна тяга в НР			
	весною	під час межени	осені	весною	під час межени	осені	весною	під час межени	осені	весною	під час межени	осені	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
5	0,25	0,341	0,298	2,31	2,64	2,49	109	87	101	8,7	7	8	7,5
6	0,217	0,341	0,298	2,2	2,64	2,49	97,5	87	101	7,8	7	8	7,4
7	0,166	0,341	0,282	2,02	2,64	2,43	79,5	87	96	6,4	7	7	7,2
8	0,122	0,341	0,2	1,86	2,64	2,14	64,3	87	74	6,5	7	6	6,5
9	0,207	0,288	0,25	2,49	2,45	2,31	94,5	63	74,5	7,6	5	6	5,6
10	0,149	0,288	0,25	1,96	2,45	2,31	63	63	74,5	3,5	5	6	5,3
11	0,118	0,288	0,194	1,86	2,45	2,12	54	63	61	4,3	5	4,9	4,9
12	0,09	0,288	0,146	1,78	2,45	1,94	46	63	50	3,7	5	4	4,6

Дільниця Лубні—Ромни

Таблиця 11

Розрахунок опору несамохідних суден № 5—12 та потрібної тяги при $v = 1,4 \text{ м/сек}$

№ № несамохід- них суден	Швидкість зустріч. потоку $v_{\text{зустр}}$			$(v + v_{\text{зустр}})^{2,25}$			Опір води рухові судна (в кг)			Потрібна тяга в НР					
	весною	під час межені	осені	весною	під час межені	осені	весною	під час межені	осені	весною	під час межені	осені	середня за наві- гацію		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
5	0,322	0,410	0,376	3,38	3,8	3,63	159	125	147	14,9	11,7	13,7	12,6		
6	0,281	0,410	0,376	3,22	3,8	3,63	142	125	147	13,3	11,7	13,7	12,4		
7	0,215	0,410	0,354	2,94	3,8	3,53	116	125	140	10,8	11,7	13,1	12		
8	0,157	0,410	0,252	2,7	3,8	3,05	93,5	125	105	8,7	11,7	9,8	10,9		
9	0,268	0,355	0,315	3,16	3,54	3,34	120	91	107	11,2	8,5	10	9,2		
10	0,195	0,355	0,315	2,88	3,54	3,34	93	91	107	8,7	8,5	10	9,0		
11	0,153	0,355	0,244	2,69	3,54	3,05	78	91	88,5	7,3	8,5	8,25	8,3		
12	0,116	0,355	0,184	2,56	3,54	2,82	66	91	72	6,1	8,5	6,75	6,7		

Дільниця Лубні—Ромни

Таблиця 12

Розрахунок опору несамохідних суден № 5—12 та потрібної тяги при $v = 1,6 \text{ м/сек}$

№ № несамохід- них суден	Швидкість зустріч. потоку $v_{\text{зустр}}$			$(v + v_{\text{зустр}})^{2,25}$			Опір води рухові судна (в кг)			Потрібна тяга в НР					
	весною	під час межені	осені	весною	під час межені	осені	весною	під час межені	осені	весною	під час межені	осені	середня за наві- гацію		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
5	0,394	0,5	0,452	4,72	5,3	5	222	175	205	23,7	18,7	21,9	20		
6	0,344	0,5	0,452	4,48	5,3	5	198	175	205	21,2	18,7	21,9	19,9		
7	0,263	0,5	0,427	4,08	5,3	4,95	161	175	195	17,2	18,7	20,8	19,1		
8	0,193	0,5	0,315	3,76	5,3	4,32	130	175	150	13,9	18,7	16	17,4		
9	0,329	0,422	0,38	4,41	4,9	4,62	168	126	149	18	13,5	15,9	14,7		
10	0,235	0,422	0,38	3,9	4,9	4,62	125	126	149	13,3	13,4	15,9	14,2		
11	0,187	0,422	0,294	3,7	4,9	4,2	107	126	122	11,4	13,4	13	13		
12	0,142	0,422	0,222	3,5	4,9	3,85	90	126	99	9,6	13,4	10,5	12,2		

Дільниця Лубні—Ромни

Розрахунок продуктивності валки та собівартості

№ № несамохідних суден	Елементи використання експлуатаційного часу і час одного оберту (в добах)											
	Протягом весняного періоду				Протягом меженного періоду				Протягом осіннього періоду			
	холодний час угору	холодний час уніз	час на вант.-розвант. роботи	час одного оберту	холодний час вгору	холодний час уніз	час на вант.-розвант. роботи	час одного оберту	холодний час угору	холодний час уніз	час на вант.-розвант. роботи	час одного оберту
1	2	3	4	7	6	7	8	9	10	11	12	час одного оберту
5	0,95	0,305	1,2	3,51	0,695	0,348	0,46	2,15	0,8	0,325	0,86	2,84
6	0,95	0,305	1,1	3,36	0,695	0,348	0,48	2,18	0,8	0,325	0,88	2,86
7	0,95	0,305	0,84	2,99	0,695	0,348	0,5	2,2	0,8	0,325	0,84	2,81
8	0,95	0,305	0,60	2,65	0,695	0,348	0,52	2,23	0,8	0,325	0,6	2,46
9	0,95	0,305	0,9	3,08	0,695	0,348	0,36	2,0	0,8	0,325	0,64	2,52
10	0,95	0,305	0,68	2,76	0,695	0,348	0,4	2,06	0,8	0,325	0,68	2,58
11	0,95	0,305	0,56	2,59	0,695	0,348	0,42	2,09	0,8	0,325	0,56	2,41
12	0,95	0,305	0,44	2,42	0,695	0,348	0,44	2,12	0,8	0,325	0,44	2,24

Дільниця Лубні—Ромни

Розрахунок продуктивності валки та собівартості

№ № несамохідних суден	Елементи використання експлуатаційного часу і часу одного оберту (в добах)											
	протягом весняного періоду				протягом меженного періоду				протягом осіннього періоду			
	холодний час угору	холодний час уніз	час на вант.-розвант. роботи	час одного оберту	холодний час угору	холодний час уніз	час на вант.-розвант. роботи	час одного оберту	холодний час угору	холодний час уніз	час на вант.-розвант. роботи	час одного оберту
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	час одного оберту
5	0,68	0,27	1,2	3,1	0,534	0,315	0,46	1,87	0,598	0,286	0,86	2,49
6	0,68	0,27	1,1	2,93	0,534	0,315	0,48	1,9	0,598	0,286	0,88	2,52
7	0,68	0,27	0,84	2,6	0,534	0,315	0,5	1,93	0,598	0,286	0,84	2,46
8	0,68	0,27	0,6	2,2	0,534	0,315	0,52	1,96	0,598	0,286	0,6	2,12
9	0,68	0,27	0,9	2,64	0,534	0,315	0,36	1,73	0,598	0,286	0,64	2,18
10	0,68	0,27	0,68	2,3	0,534	0,315	0,4	1,78	0,598	0,286	0,68	2,23
11	0,68	0,27	0,56	2,16	0,534	0,315	0,42	1,81	0,598	0,286	0,56	2,06
12	0,68	0,27	0,44	2,0	0,534	0,315	0,44	1,84	0,598	0,286	0,44	1,89

Таблиця 13

швидкості перевозок при $v = 1$ м/сек

Кількість обертів			Продуктивність одного судна в тис. тоннокілометрів						Собівартість		
протягом весняного періоду	протягом меженного періоду	протягом осіннього періоду	протягом весняного періоду	протягом меженного періоду	протягом осіннього періоду	за навігацію	Ходовий час за навігацію (в добах)	Утримання тяги (в крб.)	Утримання тоннажу (в крб.)	$1 \text{ т}/\text{км}$ (у коп.)	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
6,27	64,2	24,7	30	118	85	233	102,7	2185	4218	2,75	
6,55	63,3	24,5	29	122	86	237	101,7	2120	4026	2,59	
7,35	62,7	25	25	125	84	234	102,7	2020	3798	2,49	
8,3	62	28,5	20	129	68	217	106,5	1940	3696	2,60	
7,15	69	27,8	11	99	71	181	112,2	1720	3630	2,95	
8	67	27	22	107	73	202	110,4	1660	3486	2,54	
8,5	66	29	19	111	65	195	112,25	1545	3396	2,53	
9,1	65	31,3	16	115	55	186	114,6	1480	3266	2,55	

Таблиця 14

швидкості перевозок при $v = 1,2$ м/сек

Кількість обертів			Продуктивність валків в тис. тоннокілометрів						Собівартість		
протягом весняного періоду	протягом меженного періоду	протягом осіннього періоду	протягом весняного періоду	протягом меженного періоду	протягом осіннього періоду	за навігацію	Ходовий час за навігацію (в добах)	Утримання тяги (в крб.)	Утримання тоннажу (в крб.)	$1 \text{ т}/\text{км}$ (у коп.)	
			16	17	18	19	20	21	22	23	
7,1	73,7	28,1	34	135	97	266	94	2775	4218	2,63	
7,5	72,8	27,8	33	140	98	271	93,6	2715	4026	2,49	
8,5	71,5	28,5	29	143	96	268	94,3	2675	3798	2,42	
10	70,5	33	24	146	79	249	98,7	2520	3696	2,52	
8,3	79,7	32	30	115	82	227	103,8	2300	3636	2,61	
9,5	77,5	31,4	26	124	85,5	235,5	102,9	2150	3486	2,4	
10,2	76,2	34	23	128	76	227	104,4	2015	3396	2,38	
11	75	37	19	132	65	216	107	1940	3266	2,4	

Дільниця Лубн — Ромни

Розрахунок продуктивності валки та

№№ несамохідних суден	Елементи використання експлуатаційного часу і час одного оберту (в добах)											
	протягом весняного періоду				протягом меженного періоду				протягом осіннього періоду			
	ходовий час угору	ходовий час уніз	час на вант.-розвант. роботи	час одного оберту	ходовий час угору	ходовий час уніз	час на вант.-розвант. роботи	час одного оберту	ходовий час угору	ходовий час уніз	час на вант.-розвант. роботи	час одного оберту
5	0,525	0,242	1,2	2,81	0,433	0,267	0,46	1,66	0,475	0,253	0,86	2,3
6	"	"	1,1	2,67	"	"	0,48	1,7	"	"	0,88	2,3
7	"	"	0,84	2,3	"	"	0,5	1,74	"	"	0,84	2,24
8	"	"	0,6	1,95	"	"	0,52	1,74	"	"	0,6	1,9
9	"	"	0,9	2,38	"	"	0,36	1,5	"	"	0,64	1,95
10	"	"	0,68	2,07	"	"	0,4	1,57	"	"	0,68	2,01
11	"	"	0,56	1,9	"	"	0,42	1,6	"	"	0,56	1,84
12	"	"	0,44	1,72	"	"	0,44	1,63	"	"	0,44	1,67

Дільниця Лубні — Ромни

Розрахунок продуктивності валки та

№№ несамохідних суден	Елементи використання експлуатаційного часу і час одного оберту (в добах)											
	протягом весняного періоду				протягом меженного періоду				протягом осіннього періоду			
	ходовий час угору	ходовий час уніз	час на вант.-розвант. роботи	час одного оберту	ходовий час угору	ходовий час уніз	час на вант.-розвант. роботи	час одного оберту	ходовий час угору	ходовий час уніз	час на вант.-розвант. роботи	час одного оберту
5	0,425	0,22	1,2	2,63	0,367	0,24	0,46	1,52	0,397	0,228	0,86	2,12
6	"	"	1,1	2,49	"	"	0,48	1,55	"	"	0,88	2,15
7	"	"	0,84	2,12	"	"	0,5	1,58	"	"	0,84	2,09
8	"	"	0,6	1,78	"	"	0,52	1,61	"	"	0,6	1,75
9	"	"	0,9	2,21	"	"	0,36	1,38	"	"	0,64	1,81
10	"	"	0,68	1,89	"	"	0,4	1,47	"	"	0,68	1,86
11	"	"	0,56	1,72	"	"	0,42	1,47	"	"	0,56	1,69
12	"	"	0,44	1,55	"	"	0,44	1,5	"	"	0,44	1,52

собівартості перевозок при $v = 1,4 \text{ м/сек}$

Таблиця 15

Кількість обертів			Продуктивність валки в тисячах тоннокілометрів				Собівартість			
протягом весняного періоду	протягом меженного періоду	протягом осіннього періоду	протягом весняного періоду	протягом меженного періоду	протягом осіннього періоду	за навігацію	Ходовий час за навігацією (в добах)	Утримання тяги (в крб.)	Утримання тоннажу (в крб.)	$1 \text{ т}/\text{км}$ (у коп.)
7,8	83	30,5	38	153	105	296	86,3	4280	4218	2,87
8,25	81	30,4	36	155	107	298	88,1	4320	4026	2,8
9,55	79	31,2	32	158	105	295	85,3	4040	3798	2,65
11,3	79	36,8	27	164	88	279	90,8	3760	3696	2,61
9,25	92	35,8	33	132	93	258	97,5	3525	3636	2,78
10,6	88	38,8	29	140	92	261	94,3	3325	3486	2,6
11,6	86,2	38	26	145	85	256	96,8	3170	3396	2,57
12,8	84,5	42	23	148	74	245	99,5	2620	3266	2,41

собівартості перевозок при $v = 1,6 \text{ м/сек}$

Таблиця 16

Кількість обертів			Продуктивність валки в тисячах тоннокілометрів				Собівартість			
протягом весняного періоду	протягом меженного періоду	протягом осіннього періоду	протягом весняного періоду	протягом меженного періоду	протягом осіннього періоду	за навігацію	Ходовий час за навігацією (в добах)	Утримання тяги (в крб.)	Утримання тоннажу (в крб.)	$1 \text{ т}/\text{км}$ (у коп.)
8,35	91,0	33,0	40	167	113	320	81	6360	4218	3,32
8,85	89,5	32,5	39	175	116	332	79,9	6280	4026	3,22
10,35	87,5	33,5	35	175	113	332	80,7	6085	3798	3,07
12,3	86	40	30	206	96	323	85	5820	3696	2,86
10	100	38,7	36	144	99	279	91,35	5285	3636	3,2
11,6	94	37,6	31,5	150	102	283,5	89	4925	3486	2,96
12,8	94	41,4	29	158	93	280	91,45	4630	3396	2,87
14,2	92	46	25	162	81	268	93,95	4510	3266	2,90

Библиомістъ № 1

Розрахунок будівельної вагтості й власної ваги несамоходних суден № 1–12

(відкритих)

Продовження відомості № 1

Крізь неї має очікіти після цієї таблиці, що вона буде використана в
підсумковій таблиці (1934).

		Лайба № 7		Лайба № 8		Лайба № 9		Лайба № 10		Лайба № 11		Лайба № 12	
Елементи будівельної варності і вага		Кіль- кість M^3	Варгість крб.										
1	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
I. Матеріал:													
a) сосновий пилома- теріал	14,51	1052—00	13,86	1004—85	10,02	725—00	9,30	674—25	8,84	640—90	7,59	550—30	
b) дубовий пилома- теріал	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
c) сосновий лісомате- ріал круглий . . .	9,24	231—00	8,35	208—75	8,30	207—50	7,86	184—00	7,06	176—50	6,41	160—25	
d) дубовий лісомате- ріал круглий . . .	0,84	33—60	0,76	30—40	0,67	26—80	0,60	24—00	0,60	24—00	0,60	24—00	
e) інші матеріали (за- лізо, цвяхи та ін.).	—	1265—50	—	1163—30	—	952—65	—	830—25	—	770—55	—	709—85	
P а з о м	2582—10	—	2407—30	—	1911—95	—	1712—50	—	1611—95	—	1444—40		
П р о б с и л а (у годин.)	1539	1249—70	1409	1155—90	1236	961—70	1083	851—30	1007	796—10	931	740—90	
III. Н а кла дні витра- ти (150% од варто- сті робосили) . . .	1874—60	—	1733—90	—	1442—55	—	1277—00	—	1144—15	—	1111—35		
P а з о м	5706—30	—	5297—10	—	4316—20	—	3840—80	—	3552—20	—	3296—65		
Н епредбачені витра- ти (3%)	171—70	—	158—90	—	129—80	—	115—20	—	106—80	—	99—35		
P а з о м	5878—60	—	5456—00	—	4446—00	—	3956—00	—	3659—00	—	3396—00		
Вага (m)	11,26	10,52	7,85	7,14	6,79	6,43							

Відомість № 2

Річна вартість утримання розрахункових несамохідних суден № 1—12

Види експлуатаційних витрат	Нумери розрахункових типів суден												Примітка
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Амортизація	1900	1790	1690	1635	1110	1020	895	830	720	640	595	552	
Зарплата	2820	2820	2820	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	
Зимовий і навігаційний ремонт	850	687	600	455	455	385	320	300	360	315	285	220	
	5570	5297	5110	4040	3515	3355	3165	3080	3030	2905	2830	2722	
Пристанські, адміністративні й загальні витрати (20% від прямих)	1114	1059	1022	808	703	671	633	616	606	581	566	544	
Р а з о м	6684	6356	6132	4848	4218	4026	3798	3696	3636	3486	3396	3266	

Відомість № 3

Річна вартість утримання стандартних буксируючих мотокатерів
(без пального й мастильних матеріалів)

Види експлуатаційних витрат	Моторн. катер 30 НР	Моторн. катер 60 НР	Примітка
	В карбованцях		
Амортизація	2646	5292	
Зарплата	3962	3962	
Поточний ремонт (зимовий і навігаційний, включно з зимовим відстоєм)	1950	3300	
	8558	12554	
Пристанські, адміністративні та загальні витрати (20% від прямих)	1712	2511	
Р а з о м	10270	15065	

Основні технічні завдання на проектування суден для р. Сули

(Схемат. приклад)

I. Лайба вантажністю 20 т

1. Район плавби — р. Сула.
2. а) Матеріал корпуса — дерево; тип судна — відкрите несамохідне судно полегшеної конструкції.

б) Рід вантажу, призначеного до перевозки — різний сухий.
в) Повна корисна вантажність — 20 т.

3. Орієнтовні головні розміри корпуса:

а) довжина — 13,3 м;
б) ширина — 3,5 м;
в) висота борта — 1 м.

4. Осадка:

а) порожняком — не більш 0,18 м;
б) з повним вантажем — не більше 0,75 м.

5. Надбудови:

A. Загальна характеристика:

а) висота надбудови (за внутрішнім обміром) — 2 м;
б) загальне розміщення — в кормовій частині;
в) матеріал надбудови — дерево.

6. Розміщення екіпажу:

а) кількість екіпажу — 2;
б) кількість двомісцевих кабін — 1.

7. Стернове встаткування:

а) кількість і тип стерна — 1 стерно волзького типу;
б) система стернового приводу — ручна.

II. Лайба вантажністю 35 т

1. Район плавби — р. Сула.
2. а) Матеріал корпуса — дерево; тип судна — відкрите несамохідне судно полегшеної конструкції.

б) Рід вантажу, призначеного до перевозки — різний сухий.
в) Повна корисна вантажність — 35 т.

3. Орієнтовні головні розміри корпуса:

а) довжина — 13,3 м;
б) ширина — 3,5 м;
в) висота борта — 1,4 м.

4. Осадка:

а) порожняком — не більш 0,90 м;
б) з повним вантажем — не більш 1,15 м.

5. Надбудови:

A. Загальна характеристика:

а) висота надбудови (за внутрішнім обміром) — 2 м;
б) загальне розміщення — в кормовій частині;
в) матеріал надбудови — дерево.

6. Розміщення екіпажу:

а) кількість екіпажу — 2;
б) кількість двомісцевих кабін — 1.

7. Стернове встаткування:

а) кількість і тип стерна — 1 стерно волзького типу;
б) система стернового приводу — ручна.

III. Лайба вантажністю 70 т

1. Район плавби — малі ріки басейну р. Дніпра (Сула).
2. а) Матеріал корпуса — дерево; тип судна — відкрите несамохідне судно півкріпленої конструкції.

б) Рід вантажу, призначеного до перевозки — різний сухий.
в) Повна корисна вантажність — 70 т.

3. Орієнтовні головні розміри корпуса:

- а) довжина — 22 м;
- б) ширина — 5,8 м;
- в) висота борта — 1,2 м.

4. Осадка:

- а) порожняком — не більш 0,22 м;
- б) з повним вантажем — не більш 0,95 м.

5. Надбудови:

A. Загальна характеристика:

- а) висота надбудови (за внутрішнім обміром) — 2,1 м;
- б) загальне розміщення — в кормовій частині;
- в) матеріал надбудови — дерево.

B. Розміщення екіпажу:

- а) кількість екіпажу — 2;
- б) кількість двомісцевих кабін — 1.

6. Стернове устаткування:

- а) кількість і тип стерна — 1 стерно волзького типу;
- б) система стернового приводу — ручна.

IV. Буксирний моторний катер потужністю 20 НР

1. а) Назва басейну — Дніпровський.

б) Район плавби — р. Сула.

в) Матеріал будування корпуса — дерево.

2. Орієнтовні головні розміри корпуса:

- а) довжина — 10 м;
- б) ширина — 2,5 м;
- в) висота борта — 0,85 м;
- г) повна висота, включно з надбудовою — 4 м.

3. Осадка в робочому стані з запасом пального на три дні — не більш 0,45 м.

4. Тягове зусилля на гаку при швидкості руху валки 5 км/год в спокійній воді — 160—180 кг.

5. Надбудови:

A. Загальна характеристика:

- а) висота надбудови (за внутрішнім обміром) — 2 м;
- б) матеріал надбудови — дерево.

B. Розміщення екіпажу:

- а) кількість екіпажу — 3;

б) кількість кабін:

1) одномісцевих — 1;

2) двомісцевих — 1.

6. Головні механізми — двигун унутрішнього згорання:

- а) орієнтовна потужність — 20 НР;

б) кількість і тип двигуна — 1 безкомпресорний Дізель.

в) кількість тактів — 2;

г) кількість циліндрів — 6;

д) кількість обертів — 500;

е) рід пального й норма витрат в кг/сило-год — не більш 0,18 кг/сило-год;

ж) запас пального — на 36 год.

7. Кількість, рід і система рушійника; матеріал: 1 гребний гвинт; бронза.

8. Стернове устаткування — 1 балансирне стерно.

9. Інші суднові устаткування:

а) буксирне устаткування — буксирна арка;

б) водовідливне устаткування — за нормами;

в) противажні засоби — за нормами;

г) освітлення — піронафтovе.

V. Буксирний моторний катер потужністю 25—30 НР

2. а) Назва басейну — Дніпровський.
б) Район плавби — р. Сула.
в) Матеріал будування корпуса — дерево.
2. Орієнтовні головні розміри корпуса:
 - а) довжина — 10 м;
 - б) ширина — 2,5 м;
 - в) висота борта — 0,85 м;
 - г) повна висота, включно з надбудовою — 4,2 м.
3. Осадка в робочому стані з запасом пального на три дні не більш 0,5 м.
4. Тягове зусилля на гаку при швидкості руху валки 5 км/год в спокійній воді — 200—240 кг.
5. Надбудови:
 - A. Загальна характеристика:
 - а) висота надбудови (за внутрішнім обміром) — 2 м;
 - б) матеріал надбудови — дерево.
 - B. Розміщення екіпажу:
 - а) кількість екіпажу — 3;
 - б) кількість кабін:
 - 1) одномісцевих — 1;
 - 2) двомісцевих — 1;
 6. Головні механізми — двигун універсального згорання:
 - а) орієнтовна потужність — 25—30 НР;
 - б) кількість і тип двигуна — 1 безкомпресорний Дізель;
 - в) кількість тактів — 2;
 - г) кількість циліндрів — 6;
 - д) кількість обертів — 500;
 - е) спосіб реверсування — реверсивна муфта;
 - ж) рід пального й норма витрат в кг/сило-год — не більш 0,18 кг/сило-год;
 - ж) запас пального — на 36 год.
 7. Кількість, рід і система рушійника; матеріал: 1 гребний гвинт; бронза.
 8. Стернове встаткування — 1 балансирне стерно.
 9. Інші суднові встаткування:
 - а) буксирне встаткування — буксируча арка;
 - б) водовідливне встаткування — за нормами;
 - в) протипожежні засоби — за нормами;
 - г) освітлення — піронафткове.

VI. Буксирний моторний катер потужністю 50—60 НР

1. а) Назва басейну — Дніпровський.
б) Район плавби — р. Сула.
в) Матеріал будування корпуса — дерево.
2. Орієнтовні головні розміри корпуса:
 - а) довжина — 12,5—13 м;
 - б) ширина — 2,3—2,8 м;
 - в) висота борта — 0,9—1,2 м;
 - г) повна висота, включно з надбудовою — 4,5 м.
3. Осадка в робочому стані із запасом пального на три дні — не більш 0,5 м.
4. Тягове зусилля на гаку при швидкості руху валки 5 км/год в спокійній воді — 500—550 кг.
5. Надбудови:
 - A. Загальна характеристика:
 - а) висота надбудови (за внутрішнім обміром) — 2 м;
 - б) матеріал надбудови — дерево.

В. розміщення екіпажу:

- а) кількість екіпажу — 3;
- б) кількість кабін:
 - 1) одномісцевих — 1;
 - 2) двомісцевих — 1.

6. Головні механізми — двигун унутрішнього згорання:

- а) орієнтовна потужність — 50—60 НР;
- б) кількість і тип двигуна — 1 безкомпресорний Дізель;
- в) кількість тактів — 2;
- г) кількість циліндров — 6;
- д) кількість обертів — 500;
- е) спосіб реверсування — реверсивна муфта;
- ж) рід пального і норма витрат в кг/сило-год — не більш 0,18 кг/сило-год;
- ж) запас пального — на 36 год.

7 Кількість, рід і система рушійника; матеріал: 1 гребний гвинт; бронза.

8 Стернове встаткування — 1 балансирне стерно.

9. Інші суднові встаткування:

- а) буксирне встаткування — буксирна арка;
- б) водовідливне встаткування — за нормами;
- в) протипожежні засоби — за нормами;
- г) освітлення — піронафтovе.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бэкер, Законы сопротивления судов (под ред. проф. Г. Е. Павленко), Ленинград — Москва 1933.
2. Волго-Донское строительство, Тяга на каналах, Ростов-на-Дону 1930.
3. Волго-Донское строительство, Шлюзы на каналах, Ростов-на-Дону 1930.
4. Гершельман, О занятиях XII Международного судоходного конгресса по вопросам о размерах судоходных каналов и о порядке их эксплоатации (Труды Съезда русских деятелей по водн. путям, 1913).
5. Гиттис, Транспортные газогенераторы, ОГИЗ — Гострансиздат, М. 1931.
6. Его-же, Утилизация местных топлив в двигателях внутреннего сгорания.
7. Дормидонтов, Речное судостроение. Судoproект, Ленинград 1930.
8. Звонков, Судовые тяговые расчеты, Москва 1932.
9. Его-же, Организация судоходного предприятия, Транспечать НКПС, Москва 1929.
10. Звонков и Сюзов, Эксплоатация речного транспорта, Москва 1934.
11. Карапетов, О сопротивлении движению судов внутреннего плавания. ч. I, С.-Петербург 1902, и ч. II, С.-Петербург 1911. (Издание Института инженеров путей сообщения).
12. Его-же, Доклад на VI Съезде русских деятелей по водным путям „О сопротивлении движению речных судов“, 1899.
13. Кульган, Наивыгоднейшие типы судов, Ростов-на-Дону 1928.
14. Карпов, Автомобильные газогенераторы, Москва — Ленинград 1930.
15. Ожигов, Применение надува в транспортных газогенераторных установках (Труды Всесоюзного научно-исследовательского института). М. — Л. 1932.
16. Оппоков, Водные богатства Украины, Киев 1925.
17. Мельников (Бригада ДОЦНИВТа), Газогенераторная установка мощностью 360 НР для речного буксирного судна (рук.).
18. Орлов, Техническая эксплоатация речного флота, Москва 1934.
19. Его-же, Эксплоатация речного транспорта, Москва 1928.
20. Пушечников, Транспорт на малих річках. Вісті Н.-Д. І. В. Г., т. V, кн. 1, 1931.
21. Труды Съездов русских деятелей по водным путям (VI, VIII, IX и друг.).
22. Фадеев, За гидроавтомобиль, Москва — Ленинград 1932.
23. Харitonович, Сопротивление воды при движении судов, Ленинград 1931.
24. Чернилов, К выбору методов коренного улучшения судоходного состояния рек (Труды Съезда деятелей пути речного транспорта 8—15 февраля 1923 г.).
25. Шедлинг, Осадка и скорость мелкосидящих служебных катеров („Теория и практика судостроения“, вып. VIII):
26. Его-же, Дерево или сталь для постройки шлюпок и катеров (Сборник „Торговый флот“, № 1, 1929).

В і домчі матеріали

27. План реконструкции водного транспорта. „Реконструкция флота“ (Наркомвод, 1931).
28. Укрводхоз, Соображения о мероприятиях по транспортному освоению малых рек УССР на 1934 г.
29. Пояснительная записка к проекту коренного улучшения судоходных условий р. Роси от Корсуни до устья (составлена строительным отделом Днепровского управл. речн. трансп.).
30. Перспективы транспортного использования р. Роси (Работа выполнена План.-экон. отд. Днепр. упр. речн. трансп.).
31. Пояснительная записка № 11 Киевской областной конторы Мелиотреста к проекту регулирования р. Сулы от Днепра до г. Ромны протяжением 274 км. и по Удаю от устья до с. Писки, протяжением 32 км.

32. Годовые отчеты о работе Днепровского упр. речн. трансп. за 1931, 1932 и 1933 гг.

33. Паспорта судов и расчет себестоимости пассажирских перевозок по Москве-реке — Московского пригородного пароходства.

Статті в періодичній пресі

34. Антонович, Тип двигателя для мелкого катеростроения („Водн. Трансп.“, № 3, 1934).

35. Звонков, Причины, обуславливающие высоту фрахтов и себестоимость речных перевозок („Водн. Транспорт“, № 5, 1925).

36. Калмыков, Газогенераторы в судовых установках речного флота („Водн. Трансп.“, № 11, 1931).

37. Кохановский, Сопротивление судов при ограниченной глубине воды (по „Дитце“) („Водн. Трансп.“, № 8, 1933).

38. Kreitner, Ueber den Schiffswiderstand auf beschränktem Wasser (W. R. H. № 7, 1934).

39. Kurt Helm (Hamburg), Modellversuchergebnisse mit einem Flusschiff in strömendem Wasser im freien Flusslauf (100. Mitteilung der Hamburgischen Schiffbauversuchsanstalt) (Werft, Reederei, Hafen 1934, Н. 12).

40. Ливен, Баржа с наивыгоднейшей строительной осадкой („Водн. Трансп.“, № 5, 1934).

41. Макеев, Пригородное и внутригородское речное сообщение („Водн. Трансп.“, № 4, 1934).

42. Николаев, Паровая комбинированная установка на катерах („Водн. Трансп.“, № 5, 1934).

43. Радкевич, Моторные буксиры Германской бухтирной монополии („Водн. Трансп.“, № 11, 1931).

44. Румянцев-Эраст, Моторные лодки-трамваи („Водн. Трансп.“, № 6, 1931).

45. Фролов, Газогенераторная установка для речных теплоходов („Водн. Трансп.“, № 7, 1934).

46. Кутев, Катера на твердом топливе („Водн. Трансп.“, № 9, 1934).

47. Фролов, Первое газогенераторное судно Наркомвода („Водн. Трансп.“, № 12, 1931).

48. С. Ф., Газогенераторные установки на катерах („Водн. Трансп.“, № 4, 1933).

49. Шедлинг, Водные автобусы в Ленинграде („Сов. Судостроение“, № 6, 1932).

50. Его-же, Дизеля на катерах („Сов. Судостроение“, № 6, 1932).

51. Его-же, Вопросы постройки мотокатеров („Морское судостроение“, № 4—5, 1933).

Інші дрібні замітки в журналах „Водн. Трансп.“ та ін.

Методика выбора типов судов для малых рек

Резюме

Основное содержание работы — методика выбора типов судов для малых рек в первой стадии их транспортного освоения, когда реки должны эксплуатироваться почти в естественных условиях, без крупных капитальных затрат на улучшение пути.

Наивыгоднейший тип судна определяется эксплоатационно-экономическими и путевыми условиями, в которых должно работать судно. К первым автор относит размер и качественный состав грузооборота, партионность поступления грузов, распределение грузооборота по периодам навигации, среднюю дальность пробега и скорость погрузочно-разгрузочных работ; ко вторым относятся ширина русла, глубины, радиусы закруглений, скорость течения, продолжительность навигации и трассировка пути. Отдельному, более детальному рассмотрению автор подвергает вопрос о сопротивлении воды движению судов на мелких реках, ввиду важных особенностей роста сопротивления воды в зависимости от скорости движения судна на мелководье („горб“ сопротивления при „критической“ скорости, минимум сопротивления при скорости, на 15—20% превосходящей критическую). Подробный анализ влияния каждого из указанных факторов приводит автора к выводу, что, при установлении типа несамоходного судна для малых рек на первой стадии их транспортного освоения, ведущая роль должна принадлежать путевым условиям. Именно, исходя из путевых условий данной малой реки, следует установить основные размерения и грузоподъемность предельного по путевым габаритам судна, а затем уже, взяв применительно к условиям грузооборота несколько вариантов судов, в том числе судов, меньших указанного предельного судна, определить наивыгоднейший тип судна по минимуму себестоимости перевозок определенных грузов на заданном пробеге. Одновременно такими же подсчетами разрешается вопрос о наивыгоднейшей высоте борта, зависящей от изменения и продолжительности стояния глубин в течение навигации и от распределения грузооборота по периодам последней. Так, при принятых типовых путевых габаритах малых рек (ширина 12—16 м, меженняя глубина—0,6 м) предельное судно должно иметь основные размерения в плане: длину $L = 22$ м, ширину $B = 5,8$ м. Высота борта будет колебаться от 0,8 до 1,25 м в зависимости от изменения глубин в течение навигации и распределения перевозок по периодам. Соответственно этим данным грузоподъемность максимального судна будет находиться в пределах от 20 до 70 т.

Переходя далее к вопросу о типах буксиров, автор исследует: 1) тип и род двигателя, 2) мощность, 3) род горючего, 4) основные размерения и 5) систему двигателя. Вопрос о роде двигателя автор для данной ста-

дии развития техники разрешает в пользу двигателя внутреннего сгорания. В отношении рода горючего реки должны быть разбиты на две категории: а) реки с наличием на берегах запасов местного топлива (древа, древесный уголь и др.), для которых автор обосновывает наибольшую выгодность газогенераторных установок, и б) прочие реки, для которых наиболее экономичными и подходящими по условиям эксплоатации являются бескомпрессорные дизели (а до развития постройки их нашей промышленностью — калоризаторные нефтяные двигатели и в крайнем случае двигатели тракторных заводов ХТЗ, СТЗ и ЧТЗ и автомобильные¹⁾).

На основе подсчета сопротивления типового предельного судна и рассмотрения типов плавающих, запроектированных по плану реконструкции водного транспорта и строящихся в данный момент на верфях Наркомвода моторных катеров, автор предлагает два стандартных типа буксирных винтовых моторных катеров: 1) мощностью 25—30 НР и 2) мощностью 50—60 НР с соответствующими основными данными¹⁾.

Пассажирское движение предусматривается двух основных видов: 1) на короткие расстояния от крупных населенных пунктов или промышленных предприятий для перевозки колхозников на рынок и рабочих на предприятия и обратно; 2) на дальнее расстояние до населенного пункта, расположенного у устья реки (перевозка „отходников“ и др.).

Соответственно этим двум видам пассажирских перевозок, на основе изучения типов плавающих пассажирских судов, автор останавливается на двух типах пассажирских катеров: 1) мощностью 25—30 НР на 30 чел. и 2) мощностью 50 НР на 50—75 пассажиров¹⁾.

В качестве материала для постройки несамоходных судов и моторных катеров автор обосновывает наибольшую пригодность применения дерева как с экономической, так и с технической точек зрения.

Отдельный раздел работы посвящен примеру применения разработанной автором методики для выбора наивыгоднейших типов судов для р. Сулы. В основу этого расчета положен несколько схематический проект регулирования р. Сулы, составленный Киевской областной конторой Мелиотреста. Расчеты сведены в табл. №1—16.

В приложениях (ведом. 1—3, сс. 74—80) даны схематические подсчеты строительной стоимости расчетных типов судов для р. Сулы, стоимости их годового содержания и основные технические задания на составление проектов судов.

¹⁾ Выбор типов судов путем сопоставления существующих образцов безусловно неоснователен и с ним можно примириться лишь временно, пока вопросы движения судов по малым рекам изучены слабо, а специальные натурные наблюдения (под рук. В. М. Засса) только начаты. Поэтому предлагаемые мощности катеров надо рассматривать лишь как сугубо ориентировочные. (Ред.)

Methodik der Auswahl von Schiffstypen für seichte Flüsse

Zusammenfassung

Der Hauptinhalt vorliegender Arbeit besteht in der Methodik der Auswahl von Schiffstypen für seichte Flüsse während des ersten Stadiums der Verwendung derselben für Transportzwecke, nämlich wenn die Flüsse fast in natürlichen Bedingungen ohne grossen Kostenaufwand zur Verbesserung der Wege ausgenutzt werden sollen.

Der vorteilhafteste Schiffstyp wird durch die wirtschaftlichen und Exploitationsbedingungen der Wasserwege bestimmt, unter welchen das Schiff arbeiten soll. Zu den ersteren gehören, nach der Meinung des Verfassers, der Umfang und die qualitative Zusammensetzung des Güterverkehrs, die Grösse der Güterbeförderung, die Einteilung des Güterverkehrs während der Navigationsperioden, die Mittelweite der Strecken und die Geschwindigkeit der Schiffsverladung. Zu den zweiteren gehören: die Fahrwasserbreite und -tiefe, die Krümmungsradien, die Stromgeschwindigkeit, die Navigationsdauer und Wasserwegtrassierung. Einer besonderen eingehenderen Untersuchung unterwirft der Verfasser die Frage des Wasserwiderstandes gegen die Schiffsbewegung in seichten Flüssen auf Grund der wichtigen Eigentümlichkeiten der Widerstandszunahme in Abhängigkeit von der Schiffsgeschwindigkeit in seichtem Wasser („der Widerstandsgipfel“ bei „kritischer“ Geschwindigkeit, das Widerstandsminimum bei einer Geschwindigkeit, welche die kritische um 15—20% übertrifft).

Eine ausführliche Analyse des Einflusses jedes der angezeigten Faktoren führt Verfasser zur Schlussfolgerung, dass bei der Bestimmung der nicht selbstfahrenden Schiffstypen für seichte Flüsse im ersten Stadium ihrer Verwendung für Transportzwecke, die Hauptrolle den Wegbedingungen angehören muss. Nämlich aus den Wegbedingungen des gegebenen seichten Flusses ausgehend, muss man die Hauptabmessungen und die Tragfähigkeit des grössten Schiffes für gegebene Umgrenzungslinien feststellen; nur nachdem einige Schiffstypen — darunter auch kleinere als das erwähnte grösste Schiff hinsichtlich der Güterverkehrsbedingungen verglichen worden sind, soll man den vorteilhaftesten Schiffstyp auf Grund des Selbstkostenminimums des Transports bestimmter Güter auf gegebener Strecke bestimmen.

Gleichzeitig wird durch dieselbe Berechnung die Frage von der vorteilhaftesten Bordhöhe gelöst, welche von der Veränderung und Dauer des Tiefwassersstands während der Navigation und von der Einteilung des Güterverkehrs nach Navigationsperioden abhängt. Bei den angenommenen typischen Umgrenzungslinien der seichten Flüsse (Breite 12—16 m, Niederwassertiefe — 0,6 m) muss das grösste Schiff folgende Hauptabmessungen haben: Länge — ~ 22 m. Breite — ~ 5,8 m. Die Bordhöhe wird von 0,8 m bis zu 1,25 m in Abhängig-

keit von der Tiefenveränderung während der Navigation und der Einteilung des Güterverkehrs, ihren Perioden nach, schwanken.

Sodann geht der Verfasser zur Frage von den Schleppertypen über und untersucht: 1. den Typ und die Art des Motors, 2. seine Leistungsfähigkeit 3. die Art des Brennstoffes, 4. die Hauptabmessungen und 5. das System des Motors. Die Frage von der Art des Motors löst der Verfasser beim gegenwärtigen Entwicklungszustand der Technik zugunsten der Verbrennungsmotoren. Was die Art des Brennstoffes betrifft, so muss man die Flüsse in zwei Kategorien einteilen: a) Flüsse mit Vorräten lokalen Brennstoffes an den Ufern (Brennholz, Holzkohle u. a.), für welche der Verfasser die maximale Wirtschaftlichkeit der Gaserzeugermotoren feststellt, und d) andere Flüsse für welche, den Exploitationsbedingungen seichter Flüsse entsprechend, kompressionslose Dieselmotoren am vorteilhaftesten und geeignetsten erscheinen (bis zur Entwicklung der Konstruktion solcher Motoren in unserer Industrie sind Naphtamotoren mit Kalorisatoren und im äussersten Falle Motoren der Charkower, Stalingrader, Tscheljabiner Traktorwerke und Automobilmotoren zu empfehlen).

Auf Grund der Widerstandsberechnung des typischen grössten Schiffes und der Untersuchung der schon schwimmenden, sowie der dem Rekonstruktionsplan der Binnenschiffahrt nach projektierten und der gegenwärtig an den Werften des Volkskommissariats der Schiffahrt („Narkomwod“) erbauten Motorboote, schlägt der Verfasser zwei Standardtypen der Schleppmotorboote vor, die eine Leistungsfähigkeit von 1) 25—30 HP und von 2) 50—60 HP mit entsprechenden Hauptabmessungen besitzen.

Den Personenverkehr teilt der Verfasser in zwei Grundtypen ein: Verkehr auf kleine Strecken von grossen besiedelten Orten oder Industriezentren für Fahrten der Arbeiter nach den Fabriken und der Kollektivwirtschaftler auf die Märkte und zurück, und 2) Verkehr auf lange Strecken bis zum besiedelten Ort an der Flussmündung (für den Transport von Saisonarbeitern und Handwerkern).

Diesen Kategorien des Personenverkehrs gemäss, schlägt der Verfasser auf Grund eines Studiums der bestehenden Personenschiffstypen zwei Typen der Motorschiffe vor, und zwar, mit einer Leistungsfähigkeit von 25—30 HP für 30 Personen und von 50 HP für 50—75 Personen.

Літерні позначення
Елементи судна

Умовні знаки	Значення їх	Умовні знаки	Значення їх
<i>L</i>	Довжина судна по вантажній ватерлінії	<i>Q</i>	Будівельна вантажність судна
<i>B</i>	Ширина судна по мідель- шпангоуту	δ	Коефіцієнт повноти водооб- сягу судна з повним вантажем
<i>H</i>	Висота борта судна в міделі	δ_0	Коефіцієнт повноти водооб- сягу судна порожняком
<i>h</i>	Глибина ріки	β	Коефіцієнт повноти мідель- шпангоута
h_1	Глибина ріки в різні періоди навігації	<i>s</i>	Повна змочена поверхня судна
h_2		s_a	Поверхня днища
h_3		s_b	Змочена поверхня бортів
$h_{\text{вант}}$	Осадка судна з повним ван- тажем	ω	Занурена площа мідель- шпангоута
h_o	Осадка судна порожняком		

Експлуатаційно-економічні характеристики

<i>E</i>	Коефіцієнт використання ван- тажності	<i>A_т</i>	Швидкість вантажно-розван- тажних робіт
<i>t_х</i>	Ходовий час за навігацію	<i>P</i>	Вантажообіг в тоннах
<i>t_{вант}</i>	Час на вантажно-розвантаж- ні роботи протягом 1 оберту	<i>a</i>	Коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку
<i>t'_{вант}</i>	Час на вант.-розвант. роботи протягом навігації	<i>l</i>	Середня далекість перебігу
<i>t_{ін}</i>	Час на інші прості роботи (крім ван- тажно-розвантажних робіт)	<i>P₁</i>	Продуктивність валки за на- вігацію в тоннокілометрах
<i>T_п</i>	Тривалість навігації	<i>n</i>	Число обертів валки за пе- ріод або за навігацію

Швидкість ходу судна

<i>v</i>	Швидкість ходу судна в спокійній воді	<i>c</i>	Швидкість течії ріки
<i>w</i>	Технічна швидкість судна відносно берега	<i>v_{вв}</i>	Швидкість судна при руху вверх проти течії
<i>v_{зворот}</i>	Швидкість зворотного руху води (від носу до корми)	<i>v_{вн}</i>	Швидкість судна вниз за течією

Опір судна

<i>R</i>	Опір води рухові судна в об- меженому просторі	η	Буксирувальний коефіцієнт корисної дії
<i>r</i>	Опір води рухові судна в не- обмеженому просторі	<i>m</i>	Відношення площі живого перерізу до площі зануре- ної частини міделя.
<i>f</i>	Коефіцієнт опору тертя		
<i>z</i>	Коефіцієнт вирового опору		

СОВЕТСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ЗМІСТ

Передмова	5
---------------------	---

Розділ I. Предмет дослідження

Малі ріки, їх визначення. Постанови уряду и партії щодо транспортного освоєння малих рік.	9
--	---

Розділ II. Огляд літератури з даного питання

Розділ III. Вплив експлуатаційно-економічних і шляхових умов на вибір типов суден для малих рік	11
--	----

Розмір і якісний склад вантажообігу. Партионність. Розподіл вантажообігу по періодах навігації і по напрямах. Далекість перебігу й швидкість провадження вантажно-розвантажних робіт. Ширина і глибина фарватера. Радіус закруглень. Швидкість течії. Тривалість навігації. Трасування шляху	12
---	----

Розділ IV. Опір води рухові суден по малих ріках

Втрата швидкості й зростання опору при переході від необмеженого водного простору в обмежений. Зростання хвилевого опору. Критична швидкість. Формули для обчислення величини опору	24
---	----

Розділ V. Методика вибору типів несамохідних суден

Вибір основних розмірів суден і вантажності. Приклад	30
--	----

Розділ VI. Методика добору типів буксирів для малих рік

Тип і рід двигуна. Рід пального. Добір потужності буксирних катерів. Основні вимоги, яким повинен задовольняти двигун. Вибір основних розмірів	33
---	----

Розділ VII. Типи суден для перевозки пасажирів

Характер пасажирських перевозок по малих ріках. Основні дані для проекту- вання пасажирських мотокатерів. Огляд плаваючих і проектованих типів паса- жирських мотокатерів. Швидкість руху пасажирських катерів. Вибір основних розмірів пасажирських мотокатерів	45
---	----

Розділ VIII. Матеріал для будування несамохідних суден і моторних катерів

Розділ IX. Основні дані для розрахунку собівартості перевозок	52
---	----

Розділ X. Вибір найвигіднішого типу буксирних суден (несамохідних суден і моторних катерів) для р. Сули	54
--	----

Додаток:

16 таблиць, 3 відомості. Основні технічні завдання на проектування моторних катерів і несамохідних суден для р. Сули	62
---	----

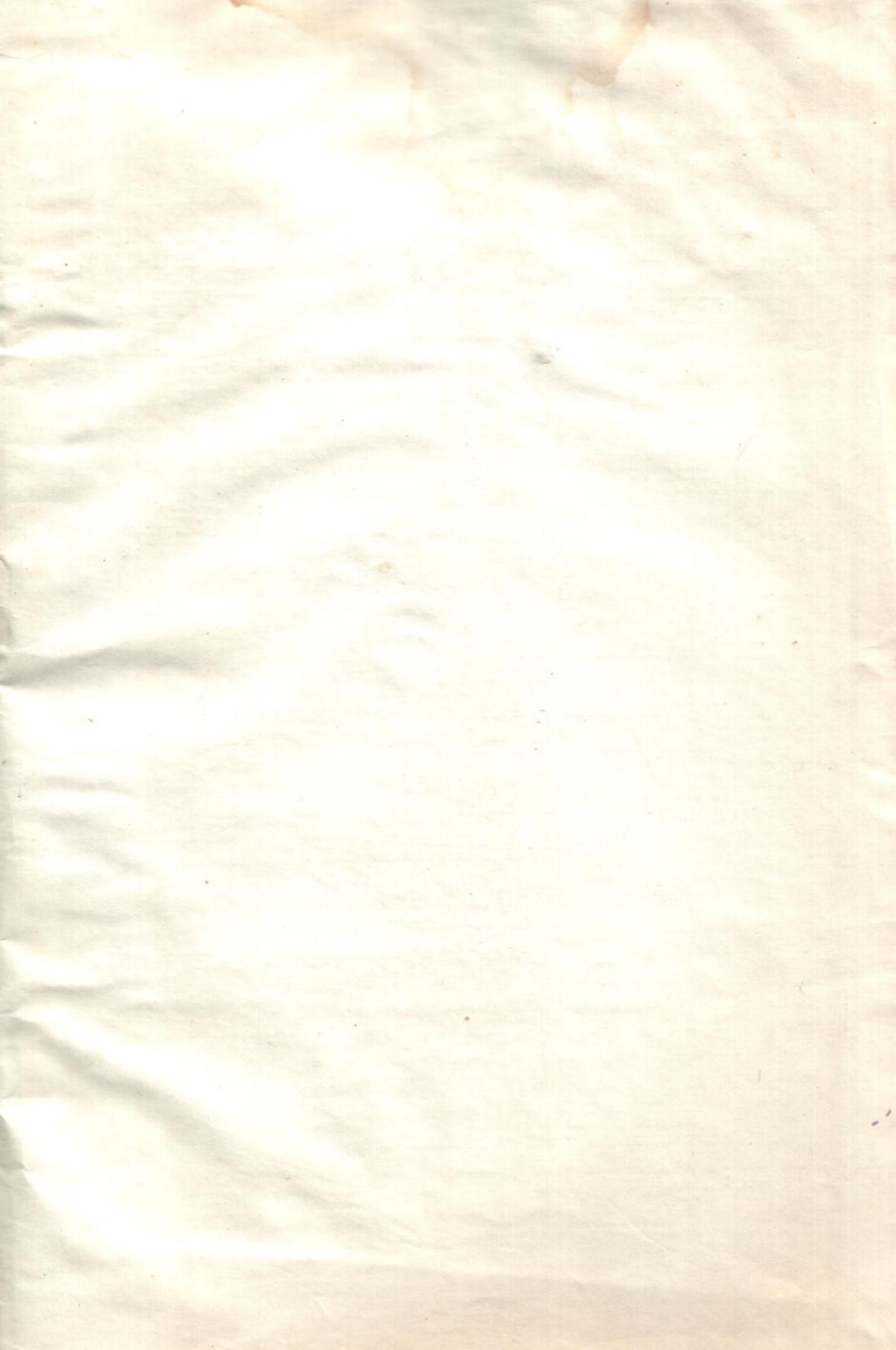
Література	81
----------------------	----

Резюме	83
------------------	----

Zusammenfassung	85
---------------------------	----

Літерні позначення	87
------------------------------	----

Уповнов. Київськ. Обліту № 438. Вид. № 130. Зам. № 1089. Тир. 1000. Форм. пап.
72 × 110 см. Вага 50,5 кг. Пап. арк. 2³/4. Друк. зн. в 1 пап. арк. 112 тис. Здано до друку
29/XI 1935 р. Підписано до друку 15/I 1936 р.





ПРИЙМАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ ТА ПЕРЕДПЛАТИ
на всі видання Української Академії Наук проводиться в секторі
поширення Видавництва Української Академії Наук
Київ, вул. Чудновського, 2

ПРОДАЖ ВИДАНЬ
у науковій книгарні Української Академії Наук — Київ, вул. Леніна, 12,
і по всіх книгарнях Книгокультторгу, Книгоцентру ОГІЗа
та Книгозбуту ОНТИ
