

УДК 929

**ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ РАБОТЫ М.Т. НУЖИНА
ПО ОБРАТНЫМ ЗАДАЧАМ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ
И ФИЛЬТРАЦИИ***М.А. Ильгамов, Н.Б. Ильинский***Аннотация**

Приводится обзор первых научных работ М.Т. Нужина. Они относятся к изучению критических скоростей вращения вала на нескольких опорах, к обратным краевым задачам и их применению в теории кручения упругих стержней, к обратным краевым задачам теории фильтрации жидкостей. **Ключевые слова:** критические скорости валов, обратные краевые задачи, теория упругости, теория фильтрации жидкостей.

Объединение двух разных задач механики в нашем докладе объясняется тем, что первые по времени две статьи М.Т. Нужина посвящены вопросам теории упругости. Рассмотрение задач фильтрации также можно отнести к раннему периоду научной деятельности М.Т. Нужина. Здесь мы ограничимся обзором только работ [1-4]. Поэтому доклад можно было бы назвать и «Первые работы М.Т. Нужина по обратным задачам механики».

1. Начнем рассмотрение со студенческой работы М.Т. Нужина [1], выполненной под руководством Н.Н. Парфентьева¹. К сожалению, в ней нет обзора литературы. Но здесь укажем на начальные исследования этого сложного явления. Первыми авторами были Р. Граммель (1920), А. Стодола (1924), Д. Робертсон (1932). Пожалуй, первой советской работой был труд А.Н. Крылова «Об определении критических скоростей вращающегося вала» (1932).

Статья [1] посвящена развитию указанной работы А.Н. Крылова в случае многоопорных валов, а также одновременного действия продольных и поперечных нагрузок.

Сначала дадим общее представление об этой проблеме. Явление сильного динамического изгиба валов при увеличении их оборотов впервые наблюдалось в паровых турбинах. В них вал передает крутящий момент, нагружен осевыми и боковыми силами, испытывает инерционные силы. Все эти факторы влияют на динамическое поведение системы. На рис. 1 показан вал с насаженным на него диском. При вращении вал прогибается под действием центробежной силы и совершает прецессионное движение. Как видно из рисунка, в области критических оборотов в линейной постановке задачи прогиба w неограниченно возрастают (w_0 – малый начальный прогиб). За критическими оборотами $\omega_{кр}$ значения прогиба вала вновь уменьшаются. Это явление называется самоцентрированием вала.

Если плоскость диска не меняет свою ориентацию при вращении вала, что имеет место при расположении диска посередине длины вала (рис.1), то критическая угловая скорость $\omega_{кр}$ точно равна круговой частоте собственных колебаний системы

¹Отметим, в этом же сборнике студенческих работ опубликована статья С.Ф. Сайкина под названием «О принципе Гаусса», где рассмотрены вопросы, восходящие к диссертационным работам казанских механиков Е.А. Болотова (1915) и М.Ш. Аминова (1936) по аналитической механике.

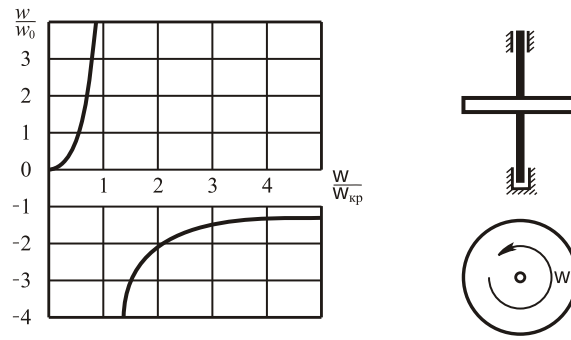


Рис. 1.

и для двухопорного вала равна

$$\omega_{кр} = \frac{K}{l} \sqrt{\frac{EJ}{ml}},$$

где EJ – изгибная жесткость вала, l – его длина, m – масса диска, K – коэффициент, характеризующий свойство опоры.

Когда плоскость диска меняет свою ориентацию при вращении вала (рис. 2), возникает гироскопический эффект и критические обороты меняются. Они зависят от того, какая прецессия возникает: прямая или обратная. Такие вопросы возникают при разработке гироскопических приборов.

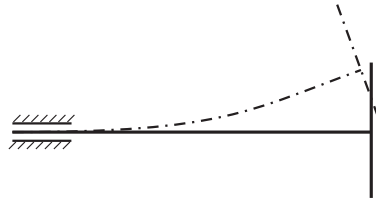


Рис. 2.

Вернемся к статье [1], откуда взят рис. 3, где показан многоопорный вал с дисками. Для простоты изложения приведем результаты для трехопорного вала без дисков в случае, когда все опоры предполагаются свободно опертыми и средняя из них находится посередине (рис. 4). На горизонтальный вал действует нагрузка p на единицу длины от собственной тяжести.

Функция прогиба упругой линии, удовлетворяющая условиям $w = w'' = 0$ при $x = 0$, имеет вид

$$w = BT(x) + DV(x) + \Phi(x),$$

где B, D – константы, T, V – функции Крылова

$$T = \frac{1}{2}(shx + \sin x), \quad V = \frac{1}{2}(shx - \sin x).$$

В данном случае разрывная функция Φ зависит от реакции R средней опоры и параметра k

$$\Phi(x) = 0, \quad 0 \leq x \leq \frac{1}{2}.$$

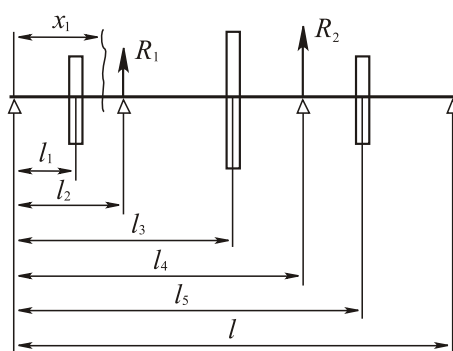


Рис. 3.

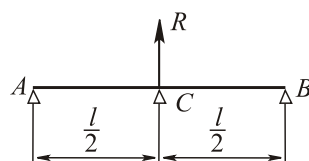


Рис. 4.

$$\Phi(x) = \frac{l^3 R}{k^3 EJ} V\left(x - \frac{1}{2}\right), \quad \left(\frac{1}{2} \leq x < 1\right).$$

Из условия на средней опоре ($x = 1/2$) имеем

$$w\left(\frac{1}{2}\right) = BT\left(\frac{1}{2}\right) + DV\left(\frac{1}{2}\right) = 0.$$

Условия на правой опоре ($x = 1$) дают:

$$w(1) = BT(1) + DV(1) + \Phi(1) = 0,$$

$$w''(1) = BT''(1) + DV''(1) + \Phi''(1) = 0.$$

Из приведенных соотношений получаются два уравнения:

$$\sin(k/2) = 0,$$

$$\sin(k/2)ch(k/2) - \cos(k/2)sh(k/2) = 0.$$

Корни первого уравнения $k = 2\pi, 4\pi, \dots$, а второго – $k \approx 5\pi/2, \dots$.

Соответственно, низшие критические скорости равны:

$$\omega_1 = \left(\frac{2\pi}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{gEJ}{h}}, \quad \omega_2 = \left(\frac{5\pi}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{gEJ}{h}}.$$

Им соответствуют формы колебаний, показанные на рис. 5.

Рассматривается также случай одновременного действия поперечной нагрузки $F(x)$ (собственного веса) и продольной сжимающей силы P . Решается уравнение относительно прогиба

$$EJ \frac{d^4 w}{dx_1^4} + \frac{d^2 w}{dx_1^2} - \frac{p\omega^2}{g} w = F(x).$$

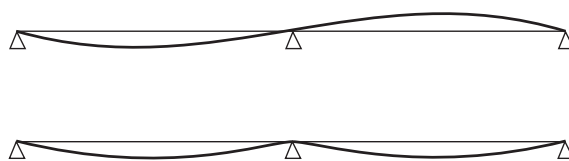
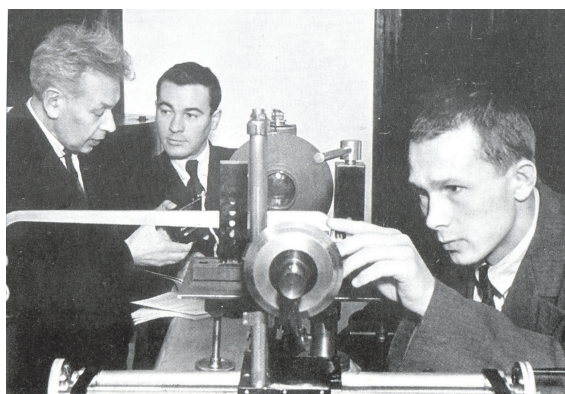


Рис. 5.

Из этого уравнения для случая свободного опирания по концам вала найдены следующее значение первой критической скорости

$$\omega_{кр} = \frac{\pi}{l^2} \sqrt{\frac{(\pi^2 EJ - Pl^2)g}{p}}.$$

Мы не знаем, какую тему наметили Н.Н. Парфентьев и М.Т. Нужин в аспирантуре. Судя по приводимому здесь фото (где они находятся около установки с вращающимся узлом), тема могла быть продолжением студенческой работы. Скорее всего, М.Т. Нужин не успел провести исследование и оформить статью до призыва в армию. И после войны не вернулся к этой теме. Одной из причин было, видимо, то, что Н.Н. Парфентьев ушел из жизни в 1943 году².



Аспирант М.Т. Нужин с профессором Н.Н. Парфентьевым и лаборантом Б.В. Филипповым

Между тем, это была важная тема для исследований. В частности, необходимо учитывать упругость опор, что всегда проявляется в реальных конструкциях. Обнаружено, например, что вал подвержен самовозбуждению больших колебаний и при некритических скоростях. Силы внутреннего трения в системе приводят к затуханию колебаний, если скорость вала меньше критической. При скоростях выше критической силы внутреннего трения направлены не против вращательного движения, а по направлению движения. Если эти силы превышают силы внешнего сопротивления, то происходит самовозбуждение значительных колебаний. Причиной неустойчивости могут быть и силы аэродинамического, гидродинамического

² «Несколько слов об отношении Михаила Тихоновича к памяти своего учителя и первого научного руководителя - профессора Николая Николаевича Парфентьева. Вечерами, после консультаций, Михаил Тихонович с тоской и уважением рассказывал о том, как его, паренька из сельской местности, принимал Н.Н. Парфентьев, играл ему на фортепиано, беседовал о жизни, о науке. И надо же так сложиться судьбе, что когда скончался Михаил Тихонович, то его похоронили в трех метрах от могилы его любимого учителя.» (Н.Б. Ильинский. Михаил Тихонович Нужин. Казань, Изд. Казанского университета. 2002, 44 с.)

и электромагнитного происхождения. П.Л.Капица исследовал явления неустойчивости в зависимости от этих факторов, с которыми он столкнулся при создании высокооборотного турбодетандера для производства жидкого азота (П.Л.Капица. Устойчивость и переход через критические обороты быстровращающихся роторов при наличии трения // Журнал технической физики. IX, вып. 2, 1939).

2. Вторая статья [2] (1949 г.) представляет собой материал кандидатской диссертации, защищенной в 1947 году (в те годы не требовалось публикаций до защиты диссертаций). М.Т. Нужин демобилизуется из армии и возвращается в Казань в середине 1946 года и восстанавливается в аспирантуре. И уже через год защищает кандидатскую диссертацию по теме, абсолютно новой для него (как уже было сказано, Н.Н. Парфентьева уже не было; основное влияние и помощь были оказаны со стороны Г.Г. Тумашева). Новым был и аппарат исследования.

Какие способности, какое напряжение сил должны были быть проявлены, чтобы после столь большого перерыва в научных занятиях можно было за год подготовить и защитить диссертацию! Она посвящена постановке обратных краевых задач и их применению в теории кручения стержней.

В этой большой и основательной работе примерно две трети объема занимают математические вопросы определения контура области по заданным контурным значениям аналитической функции. Указывается, что в классических краевых задачах граница области всегда задается и задача состоит в отыскании решения внутри области при заданных условиях на границе. Но иногда возникает необходимость определения границы области по заданным контурным значениям параметров. Такая задача была поставлена Д.П. Рябушинским в 1929 г. Г.Г. Тумашев в 1946 г. наиболее полно решил задачу определения формы границ потока идеальной жидкости по заданному распределению скорости или давления на границе. Как отмечает М.Т. Нужин, в основу его работы положены идеи Г.Г. Тумашева. М.Т. Нужин рассматривал задачу в чисто математической постановке.

Задача состоит в том, чтобы определить контур по заданным граничным значениям функции, аналитической внутри искомого контура (ставится также внешняя задача). Пусть

$$\varphi = \Omega_1(s), \quad \psi = \Omega_2(s), \quad (0 \leq s \leq l)$$

граничные значения функции (s – дуговая координата)

$$w = \varphi + i\psi,$$

причем

$$\Omega_1(0) = \Omega_1(l), \quad \Omega_2(0) = \Omega_2(l).$$

Искомому контуру L_z , расположенному в плоскости $z = x + iy$, соответствует некоторый замкнутый контур L_w в плоскости w . Уравнение его

$$\Phi(\varphi, \psi) = 0$$

можно получить, исключая s из соотношений $\varphi = \Omega_1(s), \psi = \Omega_2(s)$.

Опустив решение задачи, приведем лишь окончательный результат. Формулы, определяющие координаты искомого контура L_z , имеют вид:

$$x = \int_{\theta_0}^{\theta} e^{-P(\theta)} [Re(\omega) \sin(Q - \theta) - Im(\omega) \cos(Q - \theta)] d\theta + K_1,$$

$$y = \int_{\theta_0}^{\theta} e^{-P(\theta)} [Im(\omega) \sin(Q - \theta) + Re(\omega) \cos(Q - \theta)] d\theta + K_2,$$

где θ_0 – угол, соответствующий точке $s = 0$, $\omega = dw/d\xi$,

$$P(\theta) = \ln \left[\left(\frac{d\Omega_1}{ds} \right)^2 + \left(\frac{d\Omega_2}{ds} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}},$$

$$Q = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} P(\theta) \operatorname{ctg} \frac{\theta' - \theta}{2} d\theta + \beta,$$

β, K_1, K_2 – произвольные постоянные, определяющие жесткое смещение контура L_z как целого.

В работе большое внимание уделяется доказательству единственности решения рассматриваемой задачи. В качестве приложения изложенного математического метода рассматривается кручение призматического стержня. Классическая задача Сен-Венана о кручении стержня приводится либо к задаче Неймана для функции

$$\varphi = u\tau^{-1},$$

где u – перемещение точек поперечного сечения в направлении образующей стержня, τ – степень закручивания, либо к задаче Дирихле для функции ψ , сопряженной с φ . Функция кручения $F(z) = \varphi + i\psi$ (названная так Н.И. Мусхелишвили) от $z = x + iy$, где x, y – оси координат, лежащие в плоскости поперечного сечения.

Контурные условия имеют вид

$$\frac{d\varphi}{dn} = y\cos(n, x) - x\cos(n, y)$$

где n – нормаль к контуру, или

$$\psi = \frac{r^2}{2}, \quad (r^2 = x^2 + y^2)$$

Необходимо определить форму поперечного сечения скручиваемого цилиндрического стержня по заданным на контуре смещениям в направлении образующих стержня. В качестве конкретного примера на контуре принимается

$$\varphi = \pm \frac{r}{2\sqrt{3}} [5(2\sqrt{3} - r^2)]^{\frac{1}{2}}.$$

Исключая, отсюда r и из условия $\psi = r^2/2$ можно найти уравнение контура

$$\frac{4\varphi^2}{5} + \frac{4}{3} \left(\psi^2 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 = 1$$

Оказывается, этот контур имеет улиткообразную форму. Напряжения в точках контура равны

$$T = \frac{\mu\tau}{B} \left(0.99(\cos\theta - 0.36\cos 3\theta + 0.15\cos 5\theta - 0.07\cos 7\theta) + D \sum_0^7 K_n \cos n\theta \right),$$

где μ – модуль сдвига, B, D, K_n – константы. Здесь имеется сходящийся ряд по гармоникам угла θ . Максимальное напряжение достигается в точке контура $\theta = 0$ и равно $T_{max} = 1.691\mu\tau$.

Нужно отметить, что в этой работе М.Т. Нужи́на нет ссылок на исследования по прямым задачам кручения ³, за исключением широко известной монографии Н.И. Мухелишвили «Некоторые задачи теории упругости», 1935. Возможно, потому, что, как он отмечает, «при разборе приведенного примера не ставилась задачей достижение какой-либо определенной точности в полученных результатах, поскольку целью являлась лишь иллюстрация изложенного метода». Насколько известно, других работ по теории упругости у М.Т. Нужи́на нет. Но он сохранил интерес к ней на всю жизнь. Об этом свидетельствует его активное участие в обсуждении соответствующих докладов на семинарах и конференциях, диссертационных работ. Особенно много работ было по теории упругих тонкостенных оболочек. Он вел занятия со студентами по сопротивлению материалов, принимал экзамены, читал лекции «Аналитическая механика и элементы теории упругости». Таким образом, Михаил Тихонович был ученым с широким кругом интересов в области механики ⁴.

3. С рубежа сороковых и пятидесятих годов прошлого столетия в Советском Союзе велось активное проектирование и строительство крупнейших гидротехнических сооружений. В связи с этим наряду со многими научно-техническими проблемами стали актуальными вопросы фильтрации воды под бетонными плотинами.

Теория фильтрации занимается изучением движения жидкостей и газов в пористых и трещиноватых средах. В этой области механики работали известные ученые. Вот некоторые из них: П.Я. Полубаринова-Кочина, Е.А. Замарин, Н.Н. Веригин, С.Н. Нумеров, П.Ф. Фильчаков и другие. Обратные краевые задачи теории фильтрации под бетонными плотинами в общей постановке первым поставил и исследовал М.Т. Нужи́н. Обобщение результатов работ [3], [4] и последующих исследований по фильтрации дано в работе [5].

Схема плотины на равнинной реке в плане представлена на рис. 6 (дальнейшие рисунки взяты из работы [6]). Здесь слева направо расположены земляная плотина,

³Здесь следует упомянуть, что прямая задача о кручении и изгибе стержня была рассмотрена в начале тридцатых годов Х.М. Муштари (Сб. научн. тр. Казанского авиационного института. 1933. № 1. С. 17-32; Тр. Казанского института инженеров коммунального строительства. 1935. № 1. С. 53-67). В первой из них дается точное решение классической задачи о кручении призматического тела с произвольным алгебраическим поперечным сечением. Рассматривается та же комплексная функция $F(z)$, которая представляется в виде ряда не только с целыми, но и с дробными степенями

$$F(z) = \sum_{k=1} A_k z^k + \sum_{m=1} B_m (z^m + \theta_m)^{\frac{1}{2}} + \dots,$$

коэффициенты m, \dots необходимо подбирать так, чтобы особые точки решения оказались вне сечения (первая сумма в составе $F(z)$ принимается в классическом решении).

Третья работа Х.М. Муштари опубликована (ПММ, 1938. Т. 1, вып. 4. С. 427-440) в связи с тем, что в 1936 году в «Proceedings of the Royal Society» появилась статья Шеферда, в которой вновь решается частный случай из решенных Х.М. Муштари задач.

⁴В этой связи можно вспомнить о других таких ученых. Не будем говорить о классиках типа Эйлера, Лагранжа, которые работали во всех разделах механики. Даже наши современники как Людвиг Прандтль, Теодор Карман, Цянь Сюэ Сень, А.Ю. Ишлинский, Х.А. Рахматулин были такими механиками.

Имя Л. Прандтля связано с введением в гидродинамику выдающихся результатов, в частности, концепции пограничного слоя. В то же время он был выдающимся специалистом по механике твердого тела, в частности, устойчивости тонкостенных элементов конструкций. Преподавал курс сопротивления материалов, вел практические занятия. С.П. Тимошенко считал его своим учителем, т.к. именно по предложению Л. Прандтля он занялся вопросами упругой устойчивости тонкостенных элементов.

Известны не только «вихри Кармана» в потоке жидкости, но и понятие «верхняя и нижняя критические нагрузки», введенное в теорию оболочек Карманом и Цянем.

Основные научные интересы Х.А. Рахматулина лежали в области механики жидкости и газа. Но в теории упруго-пластических волн он открыл волну разгрузки, являлся ведущим специалистом в области парашютной мягкой оболочки.

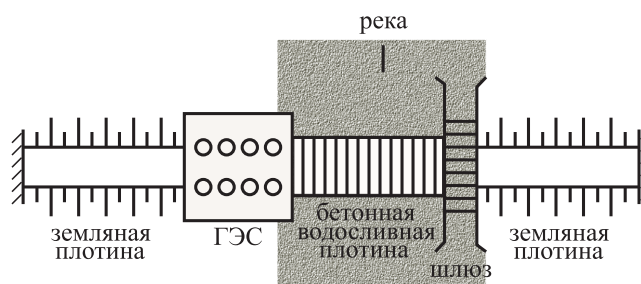


Рис. 6. Схема гидросооружения

здание ГЭС, бетонная водосливная плотина для сброса воды, шлюз для пропуска судов и снова земляная плотина (серым показано исходное русло реки).

На рис. 7 изображено поперечное сечение земляной плотины, расположенной на водонепроницаемом основании. Фильтрация происходит через плотину из верхнего бьефа в нижний. Здесь H_1, H_2 – уровни воды перед плотиной и за ней, $H = H_1 - H_2$ – напор, BC – депрессионная кривая.

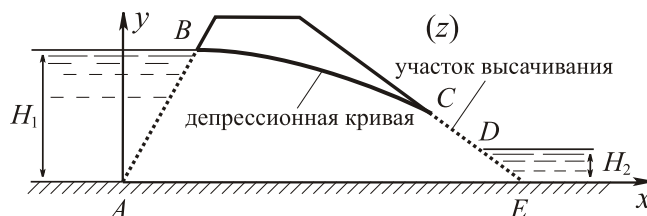


Рис. 7. Земляная плотина

На рис. 8 показано сечение бетонной водосливной плотины. Фильтрация происходит под флютбетом плотины. Здесь AB и CD – граница верхнего и нижнего бьефов, BC – подземный контур плотины (флютбет).

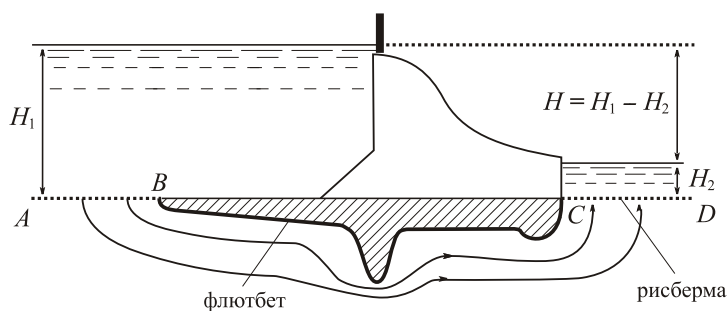


Рис. 8. Бетонная водосливная плотина

При проектировании бетонных водосливных плотин встает проблема определения формы рационального подземного контура флютбета, при фильтрации под которым не возникает опасной суффозии, выпора грунта в нижнем бьефе и опасного фильтрационного давления. Для достижения этого приходится в первую очередь рассчитывать распределение скорости фильтрации по контуру флютбета и находить оптимальные параметры, не допускающие появления перечисленных явлений.

П.Я. Полубаринова-Кочина задавала допустимую скорость фильтрации постоянной и находила соответствующий подземный контур. При неограниченной глубине водопроницаемого слоя, естественно, получался полукруг, а при ограниченной – близкий к полуэллипсу. Ясно, что такие флютбеты для практики не годятся. При достаточно произвольной форме $v(s)$ этот метод не работал, т.к. опирался на область в плоскости годографа скорости.

В годы развития страны, когда создавались передовая техника, технологии, грандиозные сооружения, актуальных проблем в области механики было много. Если ученый имел подготовку, еще лучше - опыт работы по той или иной актуальной проблеме, то перед ним открывались широкие возможности для творчества.

Первой работой М.Т. Нужина по обратным задачам фильтрации стало сообщение [3], а затем и статья [4]. В них ставится и решается следующая задача.

Задается распределение скорости фильтрации $v = f(s)$, где s – дуговая координатная линия, отсчитываемая от точки B (рис. 8), l – длина, $0 \leq s \leq l$. Задаются также перепад напоров (уровней воды) между верхним и нижним бьефами H , коэффициент фильтрации k , имеющий размерность скорости. Требуется определить форму подземного контура флюتبета BC .

Ось x отсчитываются от точки B и направлена по горизонтали. Полуобласть фильтрации G_z ограничена границами AB, CD и искомой линией BC . Для функции $w(z)$ принимаются условия

$$\begin{aligned} \varphi &= -kH \quad (\text{на } AB); & \varphi &= 0 \quad (\text{на } CD), \\ \psi &= 0, & \varphi(s) &= \int_0^s f(s)ds - kH \quad (\text{на } CD). \end{aligned}$$

Так как $\varphi(l) = 0$, то должно выполняться соотношение

$$\int_0^l f(s)ds - kH,$$

которое является условием разрешимости рассматриваемой задачи.

К решению этой задачи М.Т. Нужин применил метод обратных краевых задач, позволивший находить относительно рациональные контуры флюتبета.

В плоскости w области G_z соответствует область G_w – полуполоса $ABCD$ (рис. 9, а). Так как в плоскостях z и w линия CD прямая, то функцию $w(z)$ можно аналитически продолжить по принципу симметрии через CD в плоскости z , то есть получить функцию $w(z)$, аналитическую во внешности симметричного контура BCB^* . В плоскости w этой области будет соответствовать полуполоса ABV^*A^* . Функция $w(z)$ является многозначной функцией и имеет логарифмическую особенность в бесконечности. При обходе контура BCB^* в плоскости z реальная часть функции $w(z)$ получает приращение $2kH$.

Рассмотрим область G_ζ – внешность единичного круга $\zeta > 1$ в канонической плоскости ζ (рис. 9, б). В области G_ζ имеем чисто циркуляционное течение с циркуляцией $\Gamma = 2kH$, тогда

$$w(\zeta) = \frac{2kH}{2\pi i} \ln \zeta.$$

Здесь константа равна нулю, так как в точке C имеем $w(\zeta)|_{\zeta=1} = 0$. Подставив в эту формулу $\zeta = e^{i\gamma}$ и выделив действительную часть на окружности, получим

$$\varphi(\gamma) = \frac{kH}{\pi} \gamma, \quad -\pi \leq \gamma \leq \pi.$$

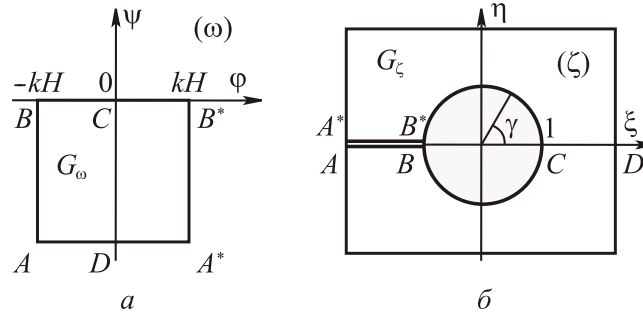


Рис. 9.

Из сопоставления этой функции и функций

$$\varphi(s) = \int_0^s f(s)ds - kH,$$

определим зависимость $s(\gamma)$, $-\pi \leq \gamma \leq \pi$.

Введем в рассмотрение вспомогательную аналитическую функцию

$$\chi(\zeta) = \ln \frac{dz}{d\zeta} = \alpha + i\beta.$$

Причем $Im\chi(\infty) = 0$. Реальная часть этой функции на окружности $|\zeta| = 1$ известна

$$\alpha(\gamma) = \ln \left| \frac{dz}{d\zeta} \right|_{\zeta=e^{i\gamma}} = \ln \frac{ds}{d\gamma}, \quad -\pi \leq \gamma \leq \pi.$$

Следовательно, функцию $\chi(\zeta)$ можно восстановить по формуле Шварца

$$\chi(\zeta) = -\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \alpha(\theta) \frac{\zeta + e^{i\theta}}{\zeta - e^{i\theta}} d\theta + ib_0,$$

где $b_0 = 0$, так как $Im\chi(\infty) = 0$. Для мнимой части функции $\chi(\zeta)$ на окружности имеем

$$\beta(\gamma) = -\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \alpha(\theta) \operatorname{ctg} \frac{\theta - \gamma}{2} d\theta.$$

Так как координата z точки B равна нулю, то

$$z(\zeta) = \int_{-1}^{\zeta} e^{\chi(\zeta)} d\zeta.$$

Параметрические координаты подземного контура получим, выделив реальную и мнимую части $z(\zeta)$ на окружности $|\zeta| = 1$ при $-\pi \leq \gamma \leq 0$:

$$x(\gamma) = - \int_{-\pi}^{\gamma} \frac{ds}{d\gamma} \sin(\beta(\gamma) + \gamma) d\gamma,$$

$$y(\gamma) = - \int_{-\pi}^{\gamma} \frac{ds}{d\gamma} \cos(\beta(\gamma) + \gamma) d\gamma.$$

Говоря об общей идее этой работы, приводим слова из отзыва, написанного крупным ученым в области краевых задач Ф.Д. Гаховым позже, в период защиты



Слева направо: Г.В. Данилова, М.Т. Нужин, Р.Б. Салимов, В.В. Клоков.
На преднем плане: Н.Б. Салимов, Н.Б. Ильинский

докторской диссертации М.Т. Нужиным: «Важнейшей заслугой автора является изменение постановки задачи. Вместо задания гармонической функции и ее нормальной производной, М.Т. Нужин задает контурные значения двух сопряженных гармонических функций. Эта новая постановка дает ключ к решению задачи, так как сразу дает в плоскости искомой аналитической функции контур – носитель данных обратной краевой задачи». Здесь отметим, что это было сделано в 1947 году (опубликовано в 1949 году). Можно предположить, что при этих построениях перед глазами автора стояли и задачи обтекания контура потоком жидкости и газа, и задачи теории упругости.

Существенное развитие метод М.Т. Нужи́на получил в работах его учеников и последователей. На фото изображены его первые ученики: три будущих доктора и два кандидата наук. Результаты исследований по фильтрации вошли в указанное выше учебное пособие [6].

Сто лет со дня рождения и более тридцати лет со времени ухода из жизни ученого – даты, когда его имя становится достоянием истории, а научные труды и плоды деятельности подвергаются суровому испытанию временем.

Большое везение для ученого, если даже один его результат остается в науке и таким образом относится к разряду классических. Некий парадокс состоит в том, что чаще в науке сохраняются простые красивые модели и соотношения, полученные в эпоху логарифмической линейки. Рассматриваемые здесь труды М.Т. Нужи́на относятся к этой эпохе, и они остаются в науке.

Summary

M.A. Ilgamov, N.B. Pyunsky The basic works of M.T. Nuzhin on inverse problems of the theory of elasticity and filtration. The article gives a review on the first scientific publications by Mikhail T. Nuzhin. They deal with his investigations into critical speeds of a shaft rotating on several supports, inverse boundary problems and their application to the theory of torsion of elastic rods and also inverse boundary problems of the theory of liquid filtration.

Key words: (critical speeds of shafts, inverse boundary problems, theory of elasticity, theory of liquid filtration.)

Литература

1. *Нужин М.Т.* О критических скоростях вращающихся валов // Учёные записки Казан. ун-та. Сборник студенческих работ. Вып. 1. – 1938. – Т. 98. – Кн. 7. – С. 7-16.
2. *Нужин М.Т.* О некоторых обратных краевых задачах и их применении к определению формы сечения скручиваемых стержней // Учёные записки Казан. ун-та. – 1949. – Т. 109. – Кн. 1. – С. 97-120.
3. *Нужин М.Т.* О постановке и решении задач определения формы подземного контура гидротехнического сооружения // Тезисы докладов Всесоюзного совещания по гидроаэромеханике. – 1952.
4. *Нужин М.Т.* О постановке и решении обратных задач напорной фильтрации // ДАН СССР. – 1954. – Вып. 96. – № 4. – С. 709-711.
5. *Нужин М.Т., Ильинский Н.Б.* Методы построения подземных контуров гидротехнических сооружений. Изд-во КГУ. – 1963. – 140 с.
6. *Ильинский Н.Б., Марданов Р.Ф.* Обратные краевые задачи фильтрации. Казань: КГУ. – 2007. – 56 с.

Ильгамов Марат Аксанович – доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, Институт механики Уфимского научного центра РАН
E-mail: ilgamov@anrb.ru

Ильинский Николай Борисович – доктор физико-математических наук, профессор, Приволжский (Казанский федеральный университет)