

**Об исследованиях,
проводимых Институтом математики АН УССР
в области теории фильтрации**

П. Ф. Фильчаков, В. И. Лаврик

Уже с первых лет существования Советского государства начался быстрый рост различных областей техники, имеющих огромное значение для поднятия всего народного хозяйства СССР. К таким областям техники следует отнести и вопросы, связанные со строительством и эксплуатацией гидротехнических и гидромелиоративных сооружений, земляных плотин и дамб, водохранилищ, каналов и т. п.

За годы Советской власти большое развитие получила теория фильтрации — одна из теоретических основ гидротехнического строительства. Теория фильтрации удовлетворяет запросы практики путем создания новых методов фильтрационного расчета для гидротехнических сооружений. Она также находит большое применение в современной технологии добычи нефти и газа, в горной промышленности, в гидрогеологии.

Весомый вклад в развитие теории фильтрации и методов фильтрационных расчетов за годы советской власти внесли ученые Института математики АН УССР.

Первые исследования в области теории фильтрации, проводимые в Институте математики АН УССР, следует отнести к концу 30-х годов. Они возникли, главным образом, в связи с фундаментальными работами академика М. А. Лаврентьева (в то время директора Института математики АН УССР) по теории функций комплексного переменного. М. А. Лаврентьев оказал большое влияние на уже известного в те годы крупного гидротехника В. С. Козлова, который широко использовал в своих исследованиях метод конформных отображений.

В 1936—1940 гг. появляются первые публикации, посвященные вопросам расчета фильтрации при помощи методов теории функций комплексного переменного, в частности, разрабатываются приближенные методы расчета фильтрации в неоднородной среде. В эти же годы решено ряд трудных задач фильтрации (М. А. Лаврентьев, И. Б. Погребысский, П. Ф. Фильчаков).

Начиная с 1945 года, в институте систематически разрабатываются различные методы фильтрационных расчетов, основой которых явились важнейшие положения теории функций комплексного переменного. Применяя метод конформных отображений, было решено ряд важных задач фильтрации под гидротехническими сооружениями, что позволило дать ценные практические рекомендации по выбору рационального подземного контура этих сооружений. На основе еще довоенных исследований был предложен метод последовательных отображений шпунтов гидротехнического сооружения.

Большую работу в период с 1947 по 1950 год Институт математики провел по оказанию помощи великим стройкам на Волге, Днепре, Дону и

Аму-Дарье (А. Ю. Ишлинский, Ю. Д. Соколов, П. Ф. Фильчаков). В рамках Академии наук УССР эта важная работа протекала в тесном содружестве с коллективом Института гидромеханики (Б. А. Пышкин, Р. Т. Слободян) и Института геологических наук (И. Е. Жернов).

Институт математики принимал непосредственное участие в обосновании проектных заданий на строительство Каховской ГЭС, Каховского водохранилища, Южно-Украинского канала и др. В частности, в институте были разработаны методы расчета фильтрации из каналов трапециoidalного сечения в однородном грунте, эффективный приближенный метод гидромеханического расчета плотин произвольного профиля в однородном грунте, а также была создана методика решения задач фильтрации при помощи моделирования на электропроводной бумаге.

В организованной в институте лаборатории электромоделирования, начиная с 1947 года, было создано более 12 конструкций различных интеграторов. Для совершенствования конструкций интеграторов и методики моделирования впервые была предложена в качестве проводящей среды электропроводная бумага (В. И. Паичишин, П. Ф. Фильчаков). Применение электропроводной бумаги в целях моделирования значительно расширило возможности интеграторов, упростило технику моделирования самых сложных задач фильтрации.

На опытном образце интегратора ЭГДА-5 в 1951 году было исследовано 24 различных варианта водосливной плотины Каховской ГЭС, 16 вариантов земляной плотины на реке Молочной, 6 вариантов флютбета гидростанции при этой плотине, 20 вариантов задачи фильтрации из канала и свыше 40 вариантов задачи фильтрации в обход плеч плотин.

Последние конструкции интеграторов вызвали большой интерес в различных проектных и научно-исследовательских организациях, благодаря чему был налажен их серийный выпуск. Интеграторы ЭГДА-6/53, ЭГДА-8/56 и ЭГДА-9/60 уже нашли применение в более 100 городах всех пятнадцати союзных республик от Еревана и Душанбе до Риги и Ленинграда, от Львова до Владивостока, Магадана и Якутска.

В последние годы в институте разработаны новые конструкции электроинтеграторов для решения как стационарных, так и нестационарных весьма сложных задач фильтрации.

Кроме указанных разработок, Институтом математики при участии проф. А. М. Сенкова (ВН ИИГ, Ленинград) была проведена в те годы большая работа по проверке теоретических данных и результатов электромоделирования в натуре на плотине Курахов ГРЭС при напоре свыше 10 метров. В итоге проведенных исследований по рекомендациям института металлический шпунт длиной 20 м этой плотины был заменен глиняным понуром длиной 30 м — случай, не имеющий прецедентов в мировой практике строительства гидротехнических сооружений I класса.

В последующие годы, начиная с 1952 года, в институте получен ряд новых важных результатов по теории конформных отображений и ее непосредственного применения к решению различных задач фильтрации.

Разработанный метод определения констант интеграла Кристоффеля — Шварца при помощи обобщенных степенных рядов оказался весьма эффективным при гидромеханическом расчете многошпунтовых плотин. Для приближенного решения сложных задач фильтрации под гидротехническими сооружениями был предложен в 1955—1956 годах метод последовательных конформных отображений, который дал возможность ряд сложных решений довести до числового результата. Был создан весьма простой и достаточно эффективный графоаналитический метод фильтрационного расчета флютбетов, который вошел в некоторые учебники, излагающие вопросы теории фильтрации (например, Ю. А. Химерик, «Проектирование и расчет гидротехнических сооружений», 1961; А. Л. Филатов, «Гидротехнические соору-

жения» и др.), а также в технические условия и нормы по проектированию гидротехнических сооружений.

Начиная с 1953 года, в институте успешно развиваются численные методы решения задач установившейся и неустановившейся фильтрации (В. Е. Шаманский).

К последним новым исследованиям в области фильтрации следует отнести прежде всего ряд разработок по созданию методов фильтрационного расчета земляных плотин и систем гидромелиоративного дренажа (В. И. Лаврик, А. Я. Олейник, В. Ф. Ковалев). В частности, на основе метода мажорантных областей, корни которого исходят из фундаментальных работ академика М. А. Лаврентьева, был предложен способ приближенного определения фильтрационного расхода, поступающего из одной реки в другую при неизвестной глубине залегания водоупора, а также был разработан метод последовательных приближений для решения задач фильтрации через земляную плотину с произвольно заданной линией напорного откоса. Ряд разработок относится к способам расчета дренажных каналов, прерывчатых дренажей и многих других плоских, плановых и пространственных задач установившейся и неустановившейся фильтрации в однородных и слоистых грунтах.

В институте разработан метод тригонометрической интерполяции для реализации конформного отображения произвольных ограниченных кусочно-гладкой кривой областей, который позволил решить ряд новых весьма трудных технических задач, в том числе и задач напорной и свободной фильтрации (П. Ф. Фильчаков, В. И. Лаврик, В. Ф. Ковалев).

В течение ряда лет и по настоящее время многочисленные исследования в области фильтрации Институт математики АН УССР проводит в тесном контакте и сотрудничестве со многими учебными и научно-исследовательскими заведениями. В результате такого сотрудничества была успешно решена значительная часть важных практических задач фильтрации. В частности, были решены при помощи метода последовательных конформных отображений ряд задач фильтрации из каналов (П. А. Рудченко, Киевский инженерно-строительный институт), при помощи графоаналитического метода задача фильтрации под гидротехническим сооружением на нескольких основаниях (Б. П. Руплис, Литовская сельхозакадемия), при помощи конформного отображения посредством интеграла Кристоффеля — Шварца задача о фильтрации из канала трапециoidalного сечения (В. М. Гловай, Одесский пединститут), при помощи метода последовательных конформных отображений и метода электро моделирования задач о фильтрации канала и русел при произвольной линии водоупора (Ф. П. Яремчук, Киевский политехнический институт), задачи о притоке грунтовых вод к котлованам (С. В. Меуноргия, Тбилисский университет) и многие другие. Кроме того, институт проводит ряд исследований в области фильтрации в тесном контакте с Институтом гидромеханики АН УССР, Институтом геологических наук АН УССР, Киевским госуниверситетом, Укрпипроводхозом и другими учреждениями, вузами и организациями различных городов нашей страны, добиваясь тем самым быстрого внедрения в практику своих теоретических исследований.