

В. З. ВЛАСОВ

(К семидесятилетию со дня рождения)

Василий Захарович Власов родился 24 февраля 1906 г. в крестьянской семье в селе Кареево Тарусского района Калужской области. Он закончил в 1930 г. Высшее инженерное строительное училище (впоследствии переименованное в МИСИ) со званием инженера по специальности мосты и конструкции. В этом же учебном заведении его оставили преподавать на кафедре строительной механики. Одновременно В. З. Власов поступает во Всесоюзный институт сооружений, переименованный в 1933 г. в Центральный научно-исследовательский институт промышленных сооружений, где начинает научную деятельность под руководством проф. А. А. Гвоздева. Не прерывая своей работы, он усиленно занимается в МГУ на физико-математическом факультете, изучая специальные разделы высшей математики.

В 1937 г. В. З. Власов представляет в Ученый совет МИСИ как кандидатскую диссертацию свою книгу «Строительная механика оболочек», изданную в 1936 г. После защиты диссертации ему присуждается степень доктора технических наук и звание профессора.

Опубликованная В. З. Власовым в 1940 г. монография «Тонкостенные упругие стержни» была удостоена в 1941 г. Государственной премии первой степени. Две другие его книги «Общая теория оболочек» и «Строительная механика тонкостенных пространственных систем», вышедшие в свет в 1949 г., были отмечены в 1950 г. Государственной премией второй степени.

В Московском математическом обществе в 1943 г. он сделал доклад по своей работе «Уравнения неразрывности деформаций в криволинейных координатах» и был избран членом этого общества.

В 1946 г. В. З. Власов переходит на основную работу в Институт механики АН СССР, где возглавляет отдел строительной механики. В члены Коммунистической партии Советского Союза В. З. Власов вступил в 1951 г. В 1953 г. его избрали членом-корреспондентом АН СССР. В 1956 г. он становится заведующим кафедрой строительной механики МИСИ.

Скончался Василий Захарович 7 августа 1958 г. после тяжелой непродолжительной болезни в полном расцвете творческих сил. Его похоронили на Новодевичьем кладбище в Москве.

За двадцативосьмилетний период научной деятельности В. З. Власовым написано шесть монографий и более сорока оригинальных научных статей по вопросам строительной механики, теории оболочек и теории упругости. Василий Захарович Власов является выдающимся советским ученым в области механики. Вся его творческая деятельность посвящена фундаментальным теоретическим исследованиям в области сопротивления материалов, строительной механики, теории оболочек, разработке эффективных прикладных методов расчета тонкостенных конструкций.

В начальный период научной деятельности В. З. Власов создает новый метод расчета призматических оболочек открытого профиля, так называемых складчатых систем, относящихся к категории оболочек средней длины. Проблема расчета этих оболочек возникла не случайно. В 30-е годы у нас и за рубежом в практику промышленного и гражданского строительства начинают широко внедряться новые рациональные формы покрытий в виде сводов-оболочек. Василий Захарович с увлечением взялся за решение этой проблемы и быстро справился со своей задачей, подытожив результаты исследований в первой монографии «Новый метод расчета тонкостенных призматических складчатых покрытий и оболочек», вышедшей в 1933 г.

В основу предложенного метода расчета были положены следующие допущения: складка принята безмоментной в продольном направлении; пластины, образующие складку, считались жесткими в отношении поперечных деформаций удлинения и деформации сдвига. Тем самым в расчетной модели работа конструкции предельно упрощалась. Из складки выделялась элементарная поперечная полоска — плоская рама. В результате рассмотрения работы этой рамы по правилам строительной механики стержневых систем с учетом переменности напряженного и деформированного состояния по длине складки были получены искомые обыкновенные дифферен-

циальные уравнения. В каждое из них в общем случае входило по восемь неизвестных функций, представляющих собой продольные напряжения в трех последовательных ребрах и изгибающие моменты в пяти последовательных ребрах складки. В своей совокупности они образовывали замкнутую систему уравнений и полностью решали задачу.

Новый метод оказался достаточно простым в математическом отношении, он был применен для расчета складок произвольного очертания в поперечном сечении, позволял разделить переменные в дифференциальной форме, что дало возможность при помощи фундаментальных балочных функций получить решение задачи равновесия складки при произвольных условиях на ее поперечных краях. Ввиду того, что разработанный метод по своей структуре был аналогичен смешанному методу строительной механики стержневых систем, Власов назвал его смешанным вариационным методом расчета призматических складок открытого профиля.

Введение Власовым «функциональных неизвестных» представляло собой значительный шаг вперед в развитии строительной механики и давало новые перспективы для решения разнообразных задач, более сложных, чем те, которыми занималась строительная механика в обычном смысле этого слова.

В дальнейшем в более полном изложении вариационный смешанный метод вошел во вторую монографию В. З. Власова «Строительная механика оболочек», опубликованную в 1936 г. В более поздней книге «Тонкостенные пространственные системы» (первое издание 1949 г., второе посмертное издание 1958 г.) этот метод Власовым был распространен также на задачу колебаний складок. Следует подчеркнуть, что идея приведения двумерной задачи расчета призматической оболочки к одномерной в вариационной трактовке, впервые осуществленная Василием Захаровичем в 1931 г., при создании смешанного метода расчета, впоследствии неоднократно использовалась при разработке других методов расчета тонкостенных конструкций.

Следующий этап научной деятельности В. З. Власова ознаменовался созданием общей теории расчета весьма длинных призматических оболочек открытого профиля или тонкостенных стержней.

К теории тонкостенных стержней он пришел в результате всестороннего изучения работы складчатых покрытий на основе ранее проведенных теоретических и экспериментальных исследований. Последнее позволило ему сделать вывод, что для длинных оболочек (тонкостенных стержней) деформация поперечной изгиба, связанная с изменением формы и профиля оболочки, в пространственной работе конструкции имеет второстепенное значение. Как следствие этого вывода В. З. Власов в 1935 г. формулирует новый закон распределения продольных перемещений и продольных напряжений в поперечном сечении оболочки, названный им законом секториальных площадей. Этот закон представляет собой естественное обобщение гипотезы плоских сечений Бернулли — Навье, поскольку он включает в себя как плоскую изгибающую, так и пространственную изгибно-крутильную формы равновесия стержня. Закон секториальных площадей и был положен в основу теории тонкостенных стержней.

Основные положения предложенной теории, как известно, следующие. При нагружении тонкостенного стержня поперечной нагрузкой последний в общем случае закручивается. При этом поперечные сечения стержня не остаются плоскими, а деформируются. Вследствие стеснения деформации в поперечном сечении возникают продольные нормальные напряжения, приводящие к обобщенной продольной силе, статически эквивалентной нулю, или к бимоменту. Деформация и связанный с ней бимомент отсутствуют лишь в случае, если поперечная нагрузка проходит через определенную линию по длине стержня, называемую линией центров изгиба. Закручивание стержня возможно и в случае продольной нагрузки. При этом величина бимоента определяется как произведение продольной силы на значение секториальной площади в точке ее приложения.

Важным теоретическим положением, установленным Власовым, был тот факт, что при стесненном кручении продольные нормальные напряжения могут затухать весьма медленно по мере удаления от конца стержня. Тем самым принцип Сен-Венана, безоговорочно принимаемый в теории упругости для сплошных тел как постулат, применительно к тонкостенным стержням в общем случае оказался несправедливым.

Следует отметить, что явление закручивания тонкостенного стержня при нагружении последнего поперечной нагрузкой, не проходящей через линию центров изгиба, было установлено экспериментально еще в начале XX в. С. П. Тимошенко и немецким ученым Бахом. Тимошенко в известной степени объяснил это явление теоретически для тонкостенного стержня частного вида. В дальнейшем рядом советских и зарубежных ученых были созданы элементы теории стесненного кручения длинных оболочек открытого профиля. Однако создание общей теории расчета тонкостенных стержней открытого профиля с произвольным поперечным сечением полностью связано с именем В. З. Власова.

Он полностью сформулировал задачу устойчивости для тонкостенного стержня произвольного поперечного сечения, нагруженного произвольной нагрузкой, в том числе и распределенной по его длине. Им рассмотрено большое число конкретных примеров по определению критических нагрузок для различных стержней при различных видах нагружения.

В. З. Власов установил, что при центральном сжатии тонкостенного стержня возможны три формы потери устойчивости, причем все они для стержня с несимметричным поперечным сечением являются изгибно-крутильными. Плоская эйлерова форма потери устойчивости в общем случае для стержня с несимметричным поперечным сечением оказалась невозможной. Этот факт был подтвержден и экспериментальной проверкой, выполненной при непосредственном участии Василия Захаровича.

Сама критическая нагрузка, соответствующая изгибно-крутильной форме потери устойчивости, получается всегда меньшей эйлеровой, отвечающей плоской изгибной форме потери устойчивости. Разделение изгибных и крутильных форм потери устойчивости происходит лишь для тонкостенных стержней с поперечным сечением, имеющим две оси симметрии. При этом критической нагрузке может отвечать как плоская изгибная, так и крутильная форма равновесия в зависимости от соотношения жесткостей изгиба и кручения.

Для тонкостенного стержня оказалась возможна потеря устойчивости и при действии растягивающей нагрузки.

В. З. Власов существенно расширил представление о формах и частотах свободных колебаний тонкостенных стержней. Как и в случае устойчивости, им показано, что для стержня с несимметричным поперечным сечением всегда реализуются или пространственные изгибно-крутильные формы колебаний, а не плоские изгибные или чисто крутильные, справедливые для стержней сплошного сечения.

Большую ценность в книге «Тонкостенные упругие стержни» представляют разделы, посвященные задачам прочности и устойчивости стержней с непрерывно распределенными по длине упругими и жесткими связями.

Впоследствии теория прочности и устойчивости тонкостенных стержней была распространена на криволинейные тонкостенные стержни, плоские и пространственные. Власовым были рассмотрены задачи стесненного кручения стержней, усиленных поперечными связями, — планками и диафрагмами. Им была разработана теория расчета предварительно напряженных стержней и стержней, подвергнутых температурному воздействию. Он расширил теорию на стержни с достаточно толстыми стенками и на стержни сплошного сечения. Все эти результаты содержатся во втором издании монографии «Тонкостенные упругие стержни», вышедшей в 1959 г. после смерти Василия Захаровича.

Творческая деятельность В. З. Власова в более поздний период в значительной степени была связана с разработкой прикладной теории оболочек произвольного очертания.

Различные принципиальные вопросы, относящиеся к теории оболочек, рассматривались Власовым первоначально в ряде статей, а также и в вышеуказанных монографиях. Однако свои научные результаты в области теории и методов расчета оболочек Василий Захарович подытожил в двух фундаментальных трудах «Общая теория оболочек и ее приложения в технике» и «Строительная механика тонкостенных пространственных систем», опубликованных одновременно в 1949 г.

В первой части монографии «Общая теория оболочек» изложена безмоментная теория оболочек. Здесь имеется много новых научных фактов. Так, В. З. Власов приводит класс оболочек вращения, расчет которых сводится к интегрированию уравнения второго порядка в частных производных с постоянными коэффициентами, и показывает, что соответствующие решения определяются в аналитическом виде в форме одинарных тригонометрических рядов.

Весьма интересным является его вывод о том, что проблема равновесия оболочек вращения, очерченных по поверхности второго порядка положительной гауссовой кривизны, сводится к интегрированию уравнений Коши — Римана. При этом устанавливается, что указанный класс оболочек входит в состав так называемых поверхностей Ллувилля. Здесь же дается применение теории функций комплексного переменного для интегрирования полученных уравнений равновесия оболочек. На основании этой теории рассмотрено в замкнутой аналитической форме решение большого круга задач, относящихся к расчету замкнутых оболочек и куполов, очерченных по центральному поверхностям второго порядка, и находящихся под различными сосредоточенными и распределенными нагрузками.

В этой же части приводятся критерии мгновенной изменчивости оболочек как изгибаемых поверхностей, установленный Власовым. Сущность его заключается в том, что оболочки отрицательной гауссовой кривизны, проблема равновесия которых сводится к интегрированию уравнения гиперболического типа, в отличие от оболочек положительной гауссовой кривизны могут вести себя подобно мгновенно изме-

няемой стержневой системе, и расчет их по безмоментной теории в этом случае оказывается невозможным.

Вторая часть монографии содержит общую моментную теорию оболочек. Она находится в полном соответствии с геометрическими гипотезами, лежащими в ее основе. При построении моментной теории В. З. Власов исходил из общих трехмерных уравнений теории упругости, записываемых в ортогональных криволинейных координатах, представляя искомые деформации в форме бесконечных степенных рядов по толщине оболочки. Сведение трехмерной проблемы теории упругости к двумерной проведено при помощи принципа возможных перемещений.

В третьей части монографии Власовым формулируется техническая теория пологих оболочек. Сделанные им допущения, справедливые для достаточно тонких пологих оболочек, позволили значительно упростить уравнения общей моментной теории. В итоге была получена совместная система двух симметрично построенных дифференциальных уравнений в частных производных смешанного типа общей технической теории пологих оболочек относительно искомых функций напряжений и нормального перемещения. Им также дается распространение этой теории на задачи устойчивости и колебаний.

Значительное внимание уделено практическому приложению теории пологих оболочек к решению инженерных задач. Методами двойных и одинарных тригонометрических рядов исследуются напряженное и деформированное состояния прямоугольных в плане пологих оболочек при различных нагружениях и граничных условиях по контуру. Приводится общее решение задачи равновесия для пологой оболочки, очерченной по поверхности вращения. При этом подробно рассмотрена осесимметричная задача.

Важным теоретическим результатом, приведенным ученым в третьей части, является разрешающая система двух нелинейных уравнений теории пологих оболочек при конечных деформациях. Здесь же изложен и способ интегрирования этих уравнений, представляющий собой обобщение метода Бубнова — Галеркина. При этом в качестве координатных функций рекомендуется использовать фундаментальные базисные функции.

Последняя, четвертая часть монографии содержит аналитическую теорию ортотропных цилиндрических оболочек. Здесь изложены различные варианты этой теории, разработанной Власовым. Приводятся методы расчета оболочек в двойных и одинарных тригонометрических рядах. Рассмотрено большое число конкретных примеров расчета замкнутых оболочек и открытого профиля при различных нагружениях и граничных условиях по контуру.

Другая книга В. З. Власова «Строительная механика тонкостенных пространственных систем» подытожила многолетние исследования ученого в области складчатых призматических оболочек. Сюда, наряду с ранее разработанными, он включил и другие методы расчета складчатых систем. Центральное место среди них занимает новый вариационный метод расчета на прочность, устойчивость и колебания тонкостенных призматических конструкций, имеющих в общем случае в поперечном сечении произвольный многозамкнутый контур.

В основе этого метода, названного методом перемещений, по-прежнему лежит идея приведения двумерной задачи теории оболочек к одномерной. Действительная упругая система в расчетной модели рассматривается как дискретно-континуальная, т. е. как система, обладающая конечным числом степеней свободы в одном направлении (плоскости поперечного сечения) и бесконечным числом степеней свободы в другом продольном направлении. Искомые перемещения разыскиваются в форме рядов, состоящих из конечного числа членов. Разрешающая система обыкновенных дифференциальных уравнений относительно неизвестных функций продольного распределения перемещений получается посредством применения начала возможных перемещений Лагранжа к состоянию равновесия элементарной поперечной рамы, выделенной из пространственной системы.

Вариационный метод перемещений, опирающийся с одной стороны на полубезмоментную теорию оболочек, а с другой стороны учитывающий деформации сдвига в срединной поверхности оболочки, носит более общий характер, чем ранее предложенный смешанный вариационный метод. Будучи достаточно эффективным и точным для целей практики и в то же время простым в математическом отношении, он нашел широкое применение в авиационной и судостроительной для расчета многозамкнутых призматических кессонных конструкций. Именно этот метод в настоящее время широко известен под названием «вариационный метод Власова».

Аналогичный метод в монографии предлагается и для расчета пластинок, а также призматических складчатых систем, грани которых состоят из прямоугольных пластинок, работающих только на изгиб. Для решения искомых обыкновенных дифференциальных уравнений в случае неоднородной задачи применяется известный метод начальных параметров Коши — Крылова, получивший в работах Власова своеобразную физическую интерпретацию. Им приводится также распространение ва-

риационного метода на задачи устойчивости и колебаний прямоугольных пластин и складчатых систем.

Необходимо упомянуть и другую область применения метода перемещений. В монографии при решении задачи о плоском напряженном состоянии прямоугольной пластинки вариационным методом перемещений Власов предлагает новую модель упругого основания. Он показывает, как эта модель может быть применена для расчета балок и плит на упругом основании. Впоследствии эта идея вылилась в создание новой технической теории конструкции на упругом основании, основанной на вариационном методе перемещений. Последняя была опубликована в книге «Балки, плиты и оболочки на упругом основании», написанной В. З. Власовым совместно с Н. Н. Леонтьевым. Она вышла в 1960 г., после смерти Василия Захаровича.

Вариационный метод перемещений интенсивно развивается и в настоящее время. В связи с новыми типами конструкций в современной технике и, в частности в скоростной авиации, в ракетостроении, он получил значительное развитие и обобщение применительно к расчету многозамкнутых, в общем случае скошенных конических оболочек любой конусности, произвольного очертания в поперечном сечении, гладких и подкрепленных.

Из более поздних работ В. З. Власова следует упомянуть его статью, относящуюся к расчету безмоментных оболочек вращения. В ней дается естественное обобщение критерия мгновенной изменяемости оболочек, ранее выдвинутого для гладких оболочек, на случай составных оболочек, имеющих локальное изменение кривизны по линии сопряжения отдельных оболочек между собой. Здесь же приводится практический метод расчета составных конических оболочек, имеющих на линиях сопряжений безмоментных конических оболочек упругие кольца.

Несколько обособленно от общего направления исследований Власова находится одна из его последних работ «Метод начальных функций в задачах теории упругости», посвященная созданию общего метода расчета толстых плит. Здесь предлагается способ сведения трехмерной задачи теории упругости к двумерной, описываемой системой уравнений в частных производных бесконечно высокого порядка от двух независимых переменных.

Аналогичный метод решения пространственной задачи, но несколько в другом варианте был также предложен А. И. Лурье.

Своеобразна интерпретация общих зависимостей метода начальных функций, данная Власовым. Эти зависимости он трактует как прямое обобщение известного в строительной механике метода начальных параметров на двумерные и трехмерные задачи теории упругости, откуда и следуют предложенные им названия «метод начальных функций», «начальная плоскость», «начальные функции».

Нельзя полностью охарактеризовать научную деятельность В. З. Власова, не сказав о том, что он был от природы ученым самобытным, талантливым и одаренным.

Творчеству Власова в максимальной степени была присуща ясность мысли, инженерная интуиция, четкое понимание работы конструкции. Он в совершенстве владел способностью выделить основные факторы, необходимые для решений той или иной задачи, и отбросить все второстепенное. Вследствие такого глубоко продуманного анализа расчетная схема конструкции максимально упрощалась и окончательные результаты в итоге представлялись в чрезвычайно простом и наглядном виде.

Надо также подчеркнуть, что научное творчество В. З. Власова пронизано предельной целеустремленностью в решении задач. Практически все его более поздние работы являются логическим следствием ранее написанных. Более того, развивая теорию и методы расчета инженерных конструкций, он на разных этапах неоднократно возвращался к ранее решенным задачам и формулировал их в более общем и четком варианте. В этом смысле можно сказать, что вся его научная деятельность как бы представляет собой звенья одной и той же цепи, одного и того же логического процесса.

Созданные Власовым теории и методы расчета отличаются, с одной стороны, достаточной строгостью в математическом отношении, с другой стороны, относительной простотой рассуждений, доступной для понимания в широких кругах инженерно-технических работников и пригодной для повсеместного использования в практических инженерных расчетах в промышленности. Они существенно раздвинули рамки современной строительной механики и прикладной теории упругости, максимально приблизив их к решению инженерных задач. Они имеют большое значение в дальнейшем совершенствовании методов расчета конструкций и сооружений. Они постоянно будут использоваться в создании новых прогрессивных типов конструкций, обусловленных развитием современной техники.

Книги Власова переведены на немецкий, французский, английский, польский, чешский, венгерский, китайский и другие иностранные языки. Элементы его теории введены в программы высших учебных заведений и излагаются на лекциях студентам вузов.

В. З. Власовым подготовлена многочисленная армия научных работников. Под его непосредственным руководством и при личном участии, на научных идеях, сформулированных в трудах ученого, сотни научных работников защитили диссертации и стали известными специалистами в области прочности.

Его ученики и последователи в настоящее время плодотворно трудятся в области создания новых разделов строительной механики, теории оболочек, прикладной теории упругости, дополняя и углубляя, совершенствуя и развивая научные идеи и мысли В. З. Власова в различных научных и технических аспектах и направлениях.

Этим многочисленным отрядом, по существу, представлена школа Власова — научное направление, специализирующееся в области прикладных теорий и инженерных методов расчета конструкций. Научная школа В. З. Власова пользуется большим авторитетом. Она получила всеобщее признание как в нашей стране, так и за рубежом.

Научное наследие Василия Захаровича Власова в целом представляет собой выдающийся вклад в развитие прикладных разделов механики. Имя его навсегда войдет в науку наряду с именами других выдающихся деятелей человечества в области естественных и технических наук.

* * *

25 июня 1976 г. в Московском инженерно-строительном институте состоялось торжественное заседание, посвященное семидесятилетию со дня рождения выдающегося ученого-механика, члена-корреспондента АН СССР В. З. Власова.

О больших заслугах В. З. Власова в создании строительной механики тонкостенных пространственных систем говорил И. С. Цурков.

С докладом о научном творчестве В. З. Власова выступил И. Ф. Образцов, охарактеризовав все важнейшие направления исследований ученого и его большой вклад в развитие новых разделов сопротивления материалов, строительной механики, теории оболочек, в разработку эффективных прикладных методов расчета тонкостенных конструкций.

Основные этапы жизни и творчества В. З. Власова были освещены Д. Н. Соболевым.

С воспоминаниями о В. З. Власове выступили А. А. Гвоздев, Э. И. Григолюк, С. И. Стельмах, И. Е. Милейковский.

В Софии с 21 по 23 сентября 1976 г. по инициативе кафедры технической механики Высшего инженерно-строительного института была проведена научная конференция, посвященная семидесятой годовщине со дня рождения В. З. Власова. Представитель Советского посольства в Болгарии приветствовал участников конференции. Работа конференции была отражена также в печати, на радио и телевидении.

Основной доклад академика И. Ф. Образцова и В. В. Власова «Научное наследие В. З. Власова» был прочитан В. В. Власовым. С воспоминаниями о выдающемся советском ученом выступили его ученики М. Козаров и Хр. Върбанов (Болгария).

В институте была устроена выставка произведений В. З. Власова.

На конференции были прочитаны доклады о статике, динамике, устойчивости тонкостенных стержней, пластин и оболочек. Немалая часть докладов связана с относительно новыми проблемами в механике: сейсмической механикой, устойчивостью при ползучести, устойчивостью полимерных конструкций при ползучести, пластической устойчивостью оболочек, а также проблемами исследования конструкций под действием ударной волны, напряжений при конечных деформациях, гидроаэроупругой устойчивости оболочек и т. д.

Все доклады будут изданы в юбилейном сборнике, посвященном семидесятой годовщине со дня рождения В. З. Власова.