Институт механики Академии Наук Союза ССР
Прикладная математика и механика. Том XIII, 1949

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

В. В. Новожилов. Теория тонких оболочек. Военно-морская академия кораблестроения и вооружения имени А. Н. Крылова. Ленинград. 1947. (304 стр., 89 рис., библиография 212 работ).

Ни одна из опубликованных до сих пор книг как у нас, так и за границей не охватывает теорию упругого равновесия оболочек, построенную на гипотезе Кирхгофа-Лява, в таком широком аспекте, как монография В. В. Новожилова. И все же автору не удалось достигнуть цели, поставленной в предисловии, — дать систематическое изложение современного состояния расчета напряжений в оболочках.

В книге излагается тот обширный, но все же не полный круг вопросов прочности оболочек (устойчивость в книге не рассматривается), в разработке которых принимал участие сам В. В. Новожилов.

Исключение представляет первая глава, которая содержит достаточно полный вывод основных уравнений. Этот раздел теории тонких оболочек изложен в том виде, который ему был придан русскими исседователями. В частности, дается и существенный результат Новожилова — комплексная форма представления основных уравнений теории оболочек. Первая глава заполняет разрыв, существующий между учебной литературой, где господствует изложение Лява, опирающееся на метод подвижного трехгранника Дарбу, и научной журнальной литературой, где прочно укоренился более естественный метод квадратичных форм с использованием векторного анализа.

Кроме точных (в пределах гипотезы Кирхгофа-Лява) соотношений, Новожилов в § 17 первой главы выводит приближенные уравнения произвольной оболочки

$$\frac{1}{E\delta}\triangle\triangle(\Phi)+D(w)=0, \qquad -D(\Phi)+\frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}\triangle\triangle w=0 \qquad (17.14)$$

все чаще появляющиеся в научной литературе. Этой системе Новожилов дал одностороннее освещение и неправильно оценил заслуги авторов, принимавших участие в ее разработке.

В теории оболочек тонким и трудным делом является определение области применимости тех или иных уравнений. При этом часто оказывается, что соотношения, выведенные в определенных предположениях, оказываются применимыми и к задачам, в которых эти предпосылки становятся неверными. В рецензируемой книге уравнения (17.14) выводятся и обсуждаются как уравнения краевых эффектов (впервые С. М. Файнберг), но помимо этого они пригодны и для исследования локальной устойчивости (Муштари, Донелл) и для расчета напряжений в пологих оболочках любого очертания (В. З. Власов), а также в оболочках нулевой гауссовой кривизны любого подъема (А. И. Лурье).

Вторая глава посвящена безмоментной теории. Она отличается по стилю изложения от первой. Стремясь быть понятным инженеру-расчетчику, автор освещает лишь вопросы, связанные с оболочками вращения и с цилиндрическими оболочками, но и для них не дает полностью известных результатов. Глава не содержит существенно нового по сравнению со старыми руководствами (Дишингера и Флюгге), хотя безмоментная теория явлнетя одним из наиболее интенсивно разрабатываемых разделов теории оболочек.

Недостатком второй главы является излишнее упрощение некоторых вопросов и иногда необоснованные обобщения автора. Существенным, но не единственным примером являются условия применимости безмоментной теории, сформулированые в § 2, которые, конечно, недостаточны. Автор налагает требования (довольно расплывчатые) на граничные условия и на закон распределения нагрузки. Однако достаточно длинная цилиндрическая оболочка будет моментной и при выполнении всех этих условий. Этот известный факт, хорошо показан самим Новожиловым в третьей главе. Следовало также указать, какую роль в применимости безмоментной теории играет гауссова кривизна срединной поверхности.

Повидимому, автор рассматривал вторую главу как подсобную, нужную для изложения последующих двух. Самостоятельная ценность главы состоит в хорошо разобранных конкретных примерах, из которых извлечены и следствия конструкторского характера, а также в том, что в ней правильно показано значение безмоментной теории как первого этапа более строгого расчета.

Особое место занимает в книге Новожилова третья глава — в ней рассматываются практические методы расчета цилиндрических оболочек:

а) замкнутых, различного очертания (кругового, произвольно гладкого, коробового) в поперечном направлении;

б) круговых с продольными прямолинейными краями (цилиндрические пластины);

в) с поперечными подкреплениями того же очертания, как и указанные в пунктах «а» и «б».

Новожилов стремился, сохранив простоту изложения и относительную элементарность математического аппарата, дать полное изложение того, что достигнуто в практических расчетах цилиндрических оболочек. К известным методам он присоединил ряд новых или малоизвестных результатов, которыми мы обязаны самому автору.

Практическая важность этого материала не требует пояснений. Тем более досадно, что эта глава наиболее уязвима для критики. Промахи Новожилова легко устранимы. Однако, чтобы застраховать себя от ошибок, надо с осторожностью принимать его рекомендации.

Узловым пунктом третьей главы на наш взгляд является § 6 «Упрощенная теория длинных цилиндрических пластин». В нем выводится очень интересное уравнение

$$\frac{\partial^4 T}{\partial \varphi^4} + i2b^2 \frac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} = 0 \tag{6.4}$$

(b — большая константа), к решению которого сводится задача о расчете цилиндрической пластины (следует отметить, что это уравнение фигурирует и у Файнберга, который, однако, не делает из него таких законченных выводов). Далее показывается, к каким удивительно простым окончательным формулам приводит эта теория и как мало отличаются в некоторых конкретных случаях ее результаты от точных.

Это является первоклассным практическим достижением, и крайне досадно, что сам автор портит его неточной формулировкой области применимости. На стр. 178 Новожилов пишет: „Коль скоро длина цилиндрической пластины L превосходит в несколько раз ее радиус r_0, то параметр

$$f = \frac{\lambda^2 - {}^1/_2}{b\lambda} \qquad \left(\lambda = \frac{\pi r_0}{L}\right) \tag{6.1}$$

будет мал и может быть пренебрежен по сравнению с единицей". Это и приводит к уравнению (6.4). Однако утверждение Новожилова не всегда соответствует смыслу формулы (6.1). С увеличением L уменьшается параметр λ и, пока $\lambda \gg {}^1/_2$, ошибка при отбрасывании f действительно будет порядка λ / b, но при $\lambda \ll {}^1/_2$ картина станет другой и порядок ошибки начинает возрастать, как $1 / b\lambda$. Таким образом, для того чтобы был справедливым предлагаемый Новожиловым метод расчета, надо требовать, чтобы λ было и не слишком велико и не слишком мало.

Отсутствие такого рода оговорок может создать впечатление, что метод В. В. Новожилова и проще, чем метод В. З. Власова („Строительная механика оболочек"), и имеет ту же область применимости. Это неверно, потому что погрешность метода В. З. Власова всегда будет порядка λ / b, в то время как в методе Новожилова ошибка, начиная с некоторого достаточно малого (но практически вполне возможного) λ, начинает возрастать, как $1 / b\lambda$.

Со всем вышесказанным связана новая, но спорная трактовка метода В. З. Власова как метода, рационального только в применении к оболочкам с поперечными усилениями. В изложении В. В. Новожилова метод оказывается обоснованным только для оболочки, усиленной ребрами, на самом же деле при прочих равных условиях наличие ребер только понижает точность метода В. З. Власова, ошибка которого имеет порядок λ / b, а значение b, как указывает сам Новожилов в § 10, уменьшается с увеличением жесткости ребер. Здесь следует указать, что при достаточно большой жесткости ребер картина может измениться настолько, что придется искать другие подходы, т. е. ставить задачу о расчете оболочки с неизменяемым контуром, которой посвящена уже большая литература.

В § 10 убедительно показано большое влияние, которое оказывает длина оболочки на игру упругих усилий и моментов. Но просматривая предыдущие параграфы, спрашиваешь себя: помнит ли В. В. Новожилов сам об этом хорошо известном факте? Если помнит, то почему он, например, рекомендует (§ 4) искать частный интеграл из уравнений безмоментной теории, не оговаривая, что при этом надо ограничить длину оболочки?

На наш взгляд § 8, 9 выпадают из общего стиля главы. Изложенные в них методы расчета труб произвольного сечения в противоположность остальным предложением автора едва ли получат распространение как практические методы.

Кроме того, хочется отметить, что, применяя комплексное представление уравнений теории оболочек, автор усложняет свою задачу — дать доступное инженеру изложение. Даже если этот метод был рабочим методом самого автора, результаты, имеющие прикладное значение, можно и нужно было изложить без него.

Здесь Новожилов не пожалел читателя, но зато в другом месте он излишне упростил вопрос, ограничиваясь рассмотрением оболочек, свободно опертых на жесткие диафрагмы. На практике приходится сталкиваться с весьма разнообразными граничными условиями, и часто их влияние может быть учтено без существенного усложнения расчета.

В четвертой главе изложены методы расчета оболочек вращения. В. В. Новожилов пользуется предложенным им методом комплексного представления уравнений теории оболочек; здесь это более уместно, чем в третьей главе. Эта глава по стилю похожа на первую. Автор стремится к полноте освещения вопроса, изложение не всегда элементарно. Едва ли эта глава будет популярна среди инженеров-расчетчиков, но читатель, специализирующийся в области теории оболочек, найдет в ней много нового и полезного, особенно в части, касающейся расчета на ветровую и произвольные нагрузки.

В целом книга В. В. Новожилова — весьма положительное явление. Наличие некоторых недочетов неизбежно в том трудном деле, которое взял на себя автор, — систематизировать и сделать доступным инженеру-расчетчику тот материал, который у него накопился в течение его многолетней работы над теорией оболочек совместно с другими советскими учеными.

Следует пожалеть, что книга издана малым тиражем. Весьма желательно ее переиздание, в котором могут быть устранены отмеченные недочеты.

А. Л. Гольденвейзер