

современного производства таков, что смена технологий происходит на протяжении 5-30 лет, поэтому курсы по конструированию, технологической механике являются достаточно динамичными, иногда меняющимися на протяжении обучения, поэтому их изучение проходит на старших курсах. Техническую механику, конструирование, технологическую механику, проблемы эксплуатации и утилизации традиционно объединяют термином прикладная механика твердого тела.

Вообще термин «механика» в переводе с греческого означает «искусство конструирования машин». Современная трактовка термина машина позволяет включать в него конструкции, здания, оснащенные на современном уровне как машины для жилья, работы, отдыха и т. д. Таким образом, трактуя термин механика твердого тела в широком смысле можно ориентировать студента таким образом, что он на протяжении пяти лет изучает различные разделы механики твердого тела, условно разделяемые на три уровня, рассмотренные выше. Предлагаемая классификация не является совершенной, но тем не менее используется в механике на протяжении последнего столетия. Знакомство с ней позволяет студентам лучше понимать логику построения и преподавания разделов механики на протяжении всего курса обучения.

УДК 001. 5: 531

О СТРОЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВАРИАНТА КУРСА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ

Р. М. Игнатищев

Существует более сотни учебников и учебных пособий по теоретической механике, предназначенных студентам высшей школы.

«Курс теоретической механики. Для студентов машиностроительных специальностей технических университетов. — 359 с.», подготовленный на кафедре теоретической механики Могилёвского государственного технического университета, отличается от известных 4-мя позициями:

1. В целом принимая аксиоматический метод и считая его наиболее мощным и производительным в построении и развитии теорий, авторы отказались от сопровождающей его ошибочной концепции, утверждающей о возможности, якобы, построения теории, базирующейся на конечном числе начал (понятий и аксиом);

2. Отказались и от концепции принимать за аксиомы «простейшие» опорные факты — по той причине, что понятие «простейшие» не имеет количественных показателей (то, что одним кажется «простым», оказывается «сложным» для других; то, что «просто» при подходе с одной точки зрения, оказывается «сложным» при взгляде с другой стороны. В частности, какое понятие проще — «точка» или «линия»? Если вами определены «точка» и «непрерывность», то «линия» окажется простым понятием. Но если вы попытаете дать определение линии, не пользуясь понятиями «точка» и «непрерывность», задача окажется далеко не простой); авторы «Курса» за начала стремились принимать такие понятия и связи между ними, которые дают более короткие пути к изложению методов и опорных фактов теоретической механики;

3. Отказались авторы и от игровых доказательств — когда «доказывается» справедливость давно и хорошо известного закона (например, об изменении кинетического момента) и акцентировали внимание на демонстрациях методов, позволяющих почти со 100-процентной уверенностью в достоверности предсказываемых результатов теоретически переходить от одних фактов механики к другим, т. е. искусственно создаваемые игровые ситуации («доказательства» законов) заменили серьёзностью — акцентированием внимания на методы теоретической механики с доказательствами высокой их надёжности по критерию «правильность предсказаний»;

4. Сорокалетний опыт преподавания теоретической механики, причём не вообще, а студентам машиностроительных специальностей, приводит каждого к накоплению комплекса нетрадиционных фрагментов удачного изложения тех или иных частностей, что также учтено при написании рассматриваемого «Курса».

Всё это и позволило без ущерба для качества общетеоретической подготовки и содержания курса (по сравнению с существующими аналогичными книгами) изложить материал значительно короче при существенном повышении его конкретно-профессиональной полезности.

Переходим к краткому пояснению приведенной характеристики нашего «Курса».

Существующим курсам теоретической механики свойственно (иногда прямо, чаще молчаливо-согласительно) строить изложения, исходя из концепции о возможности создать «строгую» теорию, базируя её на конечном числе понятий и аксиом.

Иллюстрируем приведенное утверждение 7-ю примерами.

«Кинематика для своего изложения не требует никаких новых начал и опирается на аксиомы геометрии. Для изложения же кинетики необходимо принять без доказательства *несколько* основных начал, или законов механи-

ки». Это цитата со с. 3–4 «Теоретической механики» 1909 г. Н. Е. Жуковского [1]. Повторена в [2, с. 9].

«Кроме аксиом, рассмотренных в §1, мы введём во всё дальнейшее изложение лишь одну новую аксиому (в §2 гл. III) — *на этих аксиомах строится всё здание классической механики* и все выводы из них делаются уже *чисто математическим путём*» [3, с. 22].

Из конечного числа начал «все наблюдаемые механические явления могут быть выведены как *простые* математические следствия» [4, с. 32].

«Теоретическая механика покоится на *ограниченном* числе истин, которые называются аксиомами; всё остальное выводится как следствия из принятых аксиом» [5, с. 19].

«Из аксиом при помощи *строгих* математических рассуждений вытекают все дальнейшие выводы и результаты классической механики» [6, с. 15].

«Все дальнейшие выводы классической механики могут быть получены из этих аксиом при помощи логических рассуждений и математических вычислений» [7, с. 14].

«Все положения динамики получают из её аксиом, используя законы логики и вводя удобные для применения понятия» [8, с. 236].

Приведен далеко не полный перечень примеров специалистов, глубоко убеждённых в возможности построения «строгой» теории, основанной на конечном числе начал.

Это ошибочная, исторически сложившаяся, научная концепция. От неё необходимо отказаться, ибо она приводит к нерациональным затратам учебного времени. В частности, обуславливает наличие в учебной литературе по теоретической механике целых глав типа «Теория пар сил» (на 18–10 страницах — см, к примеру, [2–6 и др.]), где в погоне за эфемерной «строгостью», тратят время на *многократную* демонстрацию студентам давно известных им признаков подобия треугольников, не расширяя, при этом, знания методов теоретической механики.

Беда и в том, что в погоне за «строгостью доказательства» преподаватели часто не могут во время объяснения в своих пояснениях, чем лишь запутывают студентов (а часто и себя).

Перехожу к пояснению целесообразности воздерживаться от фраз типа «аксиоматическим методом *строго* доказано».

С этой целью вначале привожу высказывания известного математика Кагана В. Ф. — о доказательстве одной из теорем геометрии Киселёва он писал [9, с. 32]: «Это не слабое доказательство, здесь нет и следа доказательства, здесь есть только одна интуиция, есть только то, что древний писатель выразил одним словом — «смотри!»». Но это критика не Киселёва. Это критика концеп-

ции о том, что при использовании аксиоматического метода можно, якобы, добиться «строгого» доказательства, ибо высокий уровень требований к понятию «строгость доказательств» Кагана В. Ф. предъявляет и к себе — на с. 553 пишет: «конечная цель в настоящем (его, Кагана) сочинении достигнута столь же мало, как и в других сочинениях, имеющих ту же задачу. Рядом с основными терминами... мы употребляли много других... , которым несомненно присваивается определённое значение, нами не формулированное. . . Таковы термины: «существует», «различные точки»... и т. п. Рядом с постулатами, нами формулированными, имеются и постулаты логические, на которых основан весь процесс рассуждений... Наконец, в основе всей нашей системы лежит арифметика; мы принимаем, следовательно, все те постулаты, на которых покоится эта дисциплина, а между тем, как ни глубоко продуманы начала арифметики, эта наука не может считаться обоснованной... Итак, кроме тех посылок, которые нами формулированы, мы опирались ещё на другие посылки; мы не можем признать, следовательно, наших посылок достаточными для формального обоснования геометрии».

Об уязвимости аксиоматических теорий (об осторожном отношении к высказываниям типа: «строго доказал») свидетельствуют история создания Лобачевским Н. И. его геометрии (1829 г.) и сомнения великих учёных, подобные высказанному всемирно известным математиком Гауссом К. — «Я часто прихожу к доказательствам, которые убедили бы всякого другого; мне же они не говорят ничего» [9, с. 29].

Но наиболее веским оппонентом концепции «пять аксиом и все остальное строго доказывается» является теорема Гёделя К. о невозможности полной формализации процесса логического вывода (1931 г.).

Итак, выводы, пролучающиеся от использования аксиоматических теорий, не могут быть абсолютизированы в качестве критериев истины. Но возникает естественный вопрос: «как, в конце-то концов, устанавливать истину, что является главным её критерием (аргументом в последней инстанции)»?

Прямо отвечают на этот вопрос другие приверженцы силы и мощи аксиоматического метода, всемирно известные авторитеты — математики:

Гильберт Д. — дилемму «правильно-неправильно» «может решить *только наблюдение и опыт*» [10, с. 343]; академик СССР выдающийся математик Александров А. Д. — «от геометрической наглядности «Начал» Евклида основания геометрии были доведены до наглядности формул... Однако такая формализация, как... было доказано (имеется ввиду упоминавшаяся теорема Гёделя К.),... не могла привести к окончательному доказательству непротиворечивости геометрии, «Что значит «правильное логическое рассуждение»? Если рассуждение к чему-то относится, то его можно *проверить по результату*» [11, с. 269 и 280].

Итак, применяя аксиоматический метод, преподаватель обязан чувствовать меру в своих доказательствах, ибо чрезмерная погоня за «строгим» доказательством, приводит лишь к запутыванию студента.

В традиционных изложениях методы теоретической механики проводятся как бы подпольно, на подсознательном уровне. В нашем же «Курсе» они вынесены на первый план. Такой акцент приводит к лучшему и более быстрому освоению изучаемого материала — см. [12] и с. 7 в [3].

Сегодня понятие «методы теоретической механики» не стандартизовано. По этой причине, в порядке обсуждения и с целью выработки нормированного термина предлагаем: *методология теоретической механики* (иначе: *совокупность применяемых в ней методов*) — это универсальный набор символов, мнемотехники, правил и мыслительных процедур, несущественно задалживающих память, но позволяющих из нескольких десятков опорных фактов механики быстро получать другие, как известные (накопленные Человечеством в огромном количестве), так и *объективно неизвестные* связи между механическими величинами. Эквивалентные методы — это такие, которые, при приложении их к одному и тому же комплексу предпосылок, приводят к одинаковым результатам. Если использовать приём образности мышления, то: методология — это комплекс строительных материалов, из которых сооружают мостики перехода от одних механических величин и связей между ними к другим, т. е. методология теоретической механики — это всё то, что позволяет хранить в концентрированном (свёрнутом) виде накопленные Человечеством знания о наиболее общих законах механического движения и механических взаимодействий и, при необходимости, разворачивать эти знания до конкретных частных, среди которых будут оказываться и *объективно новые знания*.

Теперь о предметах доказательств.

В теоретическую механику аксиоматический метод пришёл из геометрии. Но «геометрия» — это не некое, единое во всех учебных заведениях изложение общепризнанных геометрических фактов. В ушедшем столетии в школах изучали уже упомянутый (на наш взгляд — великолепно написанный) курс элементарной геометрии Киселёва; он базировался на 3-х аксиомах. Но раньше были «Начала» Евклида (написаны примерно 2300 лет назад); геометрия Евклида покоится на 14 аксиомах. Известно много учебников с названием «Основания геометрии». У Гильберта Д. (1899 г.; переведены на русский в 1948 г.) они базируются на 19 аксиомах, у Кагана В. Ф. (1904 г.) — на 10-ти, у Леллон-Феррана Ж. (1985 г., перевод — 1989 г.) — на 12-ти, у Александрова А. Д. (1987 г.) — на 17-ти. Известны также «Основания геометрии» Костина В. И. (1948), Чистякова В. Д. (1961), Трайнина Я. Л. (1961), Погорелова А. В. (1968) и других; но

они лишь расширяют разнообразие различающихся аксиоматических комплексов.

Отсутствует аксиоматическое единство и в курсах по теоретической механике. Так, в статике по количеству формулируемых аксиом разномнения расположены в интервале 4 — 7. В кинематике о началах не вспоминают (а они есть — в нашем «Курсе» высвечено две такие аксиомы — «о гладкости траекторий» и «ограничивающая скорости движения объектов»). Динамику строят на 3-х, иногда на 4-х и даже 5-ти аксиомах.

Для студента применяемая для построения курса аксиоматика имеет малое значение.

Для него важно изучить переходы от одних хорошо известных из опыта связей между механическими величинами к другим. Каждый из таких переходов есть локальное (местное, малое) доказательство приемлемости применяемых при этом методов. *Вся же совокупность содержащихся в курсах теоретической механики локальных доказательств, многократно повторяющихся при изложениях — есть одно, целостное, доказательство приемлемости применяемых в ней методов.* Если вновь обратиться к приёму образности мышления, то: изучение студентами методологии теоретической механики должно быть подчинено армейскому принципу — «Делай как я!» (в одном месте применяй скалярное произведение, в другом — векторное; и одно другим заменить нельзя!). «Я» — это вся накопившаяся совокупность книг по теоретической механике.

После окончания учёбы предмет доказательства меняется — опорные факты теоретической механики становятся для специалиста предпосылками (своего рода аксиомами), исходя из которых он обязан, с помощью методов теоретической механики, с высочайшей уверенностью, а при необходимости и беря на себя ответственность за правильность предсказанного. При этом, накопленный Человечеством опыт показывает, что *корректное* использование методов теоретической механики и опорных её фактов обеспечивает практически достоверные предсказания. Ориентировочно можно считать, что на миллион сбывающихся предсказаний приходится не более одного промаха.

Литература

1. Жуковский Н. Е. *Теоретическая механика*. — М., 1909. Ч. 1. — 107 с. и приложения.
2. Жуковский Н. Е. *Теоретическая механика*. — М.-Л.: Оборонгиз, 1939. — 420 с.
3. Геронимус Я. Л. *Теоретическая механика (очерки об основных положениях)*. — М.: Наука, 1973. — 512 с.

4. Эйхенвальд А. А. Теоретическая физика (часть вторая — Общая механика). — М.-Л., 1932. — 325 с.
5. Николаи Е. Л. Теоретическая механика. — М.: Физматгиз, 1962. — Ч. 1. — 280 с.
6. Воронков И. М. Курс теоретической механики. — М., 1962. — 596 с.
7. Старжинский В. М. Теоретическая механика. — М.: Наука, 1980. — 464 с.
8. Никитин Н. Н. Курс теоретической механики. — М.: Высшая школа, 1990. — 607 с.
9. Казан В. Ф. Очерки по геометрии. — М.: МГУ, 1963. — 572 с.
10. Гильберт Д. Основания геометрии /Под редакцией П. К. Рашевского, перевод И. С. Градштейна. — М.-Л.: ОГИЗ, 1948. — 491 с.
11. Александров А. Д. Основания геометрии. — М.: Наука, 1987. — 290 с.
12. Зинченко П. И. Непроизвольное запоминание. — М.: Наука, 1961. — 562 с.

УДК 001. 5: 531

О ТРЁХ СУЩЕСТВЕННЫХ РЕЗЕРВАХ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УЧЕБНИКОВ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Р. М. Игнатицев

По принципам построения существующие учебники по теоретической механике можно разбить на две категории. Первая. В большинстве случаев авторы искренне верят в возможность построения безукоризненной теории, основанной на ограниченном числе начал.

Так, в литографированном издании 1906 года Н. Е. Жуковский в своей «Теоретической механике» писал: «Кинематика для своего изложения не требует никаких новых начал и опирается на аксиомы геометрии. Для изложения же кинетики необходимо принять без доказательства *несколько основных начал*».

В динамике за начала он принимает: закон инерции, закон независимости действия сил и закон равенства действия и противодействия. К основному же закону динамики (в форме $\vec{F} = m \cdot \vec{j}$) он идёт относительно длинным путём, заканчивая формулировкой и доказательством соответствующей теоремы (в [2, с. 298]).

Теперь перевожу внимание на один из достаточно представительных современных, 1990 года, учебник по «Теоретической механике. Для машиностроительных и приборостроительных специальностей ВУЗов», являющийся детищем Московского государственного технического университета им. Баумана; автор — Никитин Н. Н. [3]. Цитирую: «Все положения динамики получа-