

О ПРИКЛАДНЫХ РАБОТАХ ШАРЛЯ БОССЮ

В.И. Яковлев, П.Е. Левковский (Vadim I. Yakovlev, Petr E. Levkovsky)

Пермский государственный университет

В научном наследии великого французского математика и механика XVIII века, академика Парижской академии и профессора Парижской политехнической школы, Шарля Боссю (1730-1814), можно выделить четыре основные группы работ, которые явились результатом его многолетних изучений и исследований отдельных разделов математической науки. К наиболее известным трудам Боссю относят работы учебного характера, работы по истории науки, по экспериментальной гидродинамике и прикладные работы по механике. При жизни автора наиболее востребованными оказались прикладные работы, необходимость которых была продиктована практическими нуждами того времени.

Прикладными исследованиями Шарль Боссю начал заниматься еще в юном возрасте, а первой изданной работой явился «Трактат по строительству наиболее оптимальных плотин» (1764 г.) [4], одной из целей которого стало создание практического руководства по строительству плотин на основе математических расчетов. В своем исследовании Боссю разделил все плотины на несколько основных типов в зависимости от назначения: запруды, набережные, насыпи, наметы, перемычки, отводы и оплоты. Наряду с использованием эмпирических методов, Боссю применил математические расчеты толщины и профиля плотин при различных внешних условиях: скорости, направлении течения, глубины реки. При этом в основу было положено две гипотезы поведения плотин под действием воды. По первой – плотина является абсолютно твердым телом, а вода стремится его опрокинуть. По второму предположению плотина неподвижна в основании, но способна разделиться на горизонтальные слои. Основная идея, которой придерживался Боссю при расчете толщины плотины, основывалась на условии равновесия плоской фигуры – профиля плотины под действием системы сил, приложенных к ней.

Особое внимание Боссю уделил специфике оптимального строения каждого типа плотин в отдельности. Первостепенной задачей было повышение устойчивости к разрушению не столько путем выбора подходящего строительного материала, сколько путем расчета нужной формы плотины и расположения ее к течению реки.

В частности, по наблюдениям Боссю, намет подвержен разрушительному действию воды: размыву и «удару течением воды». Поэтому ученый ставил задачи рассчитать оптимальную форму передней кромки намета, при которой он испытывал бы наименьшее действие со стороны воды. Вода также оказывает разрушительное действие на перемычки, поскольку перетекая через них, она падает с высоты и размывает грунт у задней части

перемычки, подрывая тем самым устойчивость сооружения. Боссю решает задачу отыскания задней формы перемычки – кривой, по которой стекание воды происходило бы с постоянным давлением, а в точке отрыва скорость была горизонтальной.

Руководствуясь основными принципами плотиностроения и вводя разумные ограничения, Боссю создал механические модели, к которым применил математические расчеты. Полученные в ходе вычислений результаты были сопоставлены с данными, полученные опытным путем. Результатом такого анализа стали практические рекомендации по оптимальному конструированию гидросооружений. Научный подход Ш. Боссю к строительству плотин, в частности применению им математических методов, позволяет отнести его сочинение к первым в истории науки работам по математическому моделированию.

Помимо того, что «Трактат по строительству наиболее оптимальных плотин» имел огромное научное значение, он по существу долгие годы являлся практическим руководством по строительству гидравлических сооружений.

Следующими не менее яркими прикладными работами Шарля Боссю стали исследования, посвященные вопросам расчета равновесия сводов и изданные в сборниках Парижской академии наук за 1774, 1776 гг. [5, 6]

К моменту публикации этих трудов в кругах строительных инженеров не сложилось единой методики точного расчета формы и размеров куполов, венчающих многие архитектурные сооружения. Основным строительным материалом для сооружения сводов выступали клинчатые камни. До появления точных методик расчета равновесия сводов архитекторам для придания куполу требуемого охвата зачастую приходилось определять форму и размер используемых камней, основываясь только на собственном опыте. Боссю одним из первых вывел уравнение устойчивости свода на основе условия равновесия отдельно взятого камня под действием приложенных к нему внешних сил. Уравнение позволило определить по заданному закону сил форму свода или по выбранной форме свода допустимое для устойчивости свода значение сил.

Боссю представил исследование в форме последовательно изложенных аксиоматических положений, в большинстве случаев установленных путем наблюдений. Каждое положение было реализовано в форме общего решения задачи. Ученый рассматривал все задачи применительно к двум типам сводов: цилиндрическим и сферическим.

Важной составляющей работы Боссю стал расчет толщины опор арок для обоих типов сводов. В основу расчета было положено условие равенства моментов внешних сил, действующих на опору. При этом ученый последовательно исходил из двух гипотез

разрушения: горизонтального смещения основы арки и разрушения верхней части свода в области пазуха.

В работах по исследованию равновесия сводов Боссю придерживался геометрической манеры изложения и доказательств выдвигаемых положений и решения задач, последовательность и способ изложения теории в работах ученого оказались во многом сходными с современным изложением учебных пособий.

Методика расчета толщины опоры арки, которую разработал Боссю на основе выведенной теории, и особенно последующий анализ полученного решения позволили отнести исследовательские работы ученого к практическим руководствам по строительству одного из важных элементов архитектуры того времени – свода.

Таким образом, прикладные работы Шарля Боссю по строительству гидросооружений и расчету равновесия сводов имели огромное научное значение. Сложно переоценить их влияние не только на становление многих практических инженеров и строителей той эпохи, для которых она оказалась просто незаменимой, но и на становление творческой мысли будущих ученых.

Главная заслуга Шарля Боссю заключается в том, что он внес ясность и математическую строгость в такую сугубо практическую сферу, как строительство. Ранее знания в этой области накапливались на протяжении веков и уточнялись опытным путем, цена ошибок была велика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Левковский П. Е.* Задачи конструирования оптимальных гидросооружений в творчестве Шарля Боссю. Электронный журнал "Исследовано в России", 58, 653–661, 2008. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2008/058.pdf>
2. *Левковский П. Е.* Задачи расчета устойчивости сводов в трудах механиков XVIII века на примере работ Шарля Боссю. // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. – 2009 – вып. 3(29). С. 183-191.
3. *Яковлев В. И.* Начала механики. – М. – Ижевск: РХД, 2005. – 352 с.
4. *L'abbé Bossut, Guillaume Viallet.* Recherches sur la construction la plus avantageuse des digues ouvrage qui a remporté le prix quadruple proposé par l'Académie royale des sciences, inscriptions & belles-lettres de Toulouse pour l'année 1762. Paris: C.-A. Jombert, 1764.
5. *L'abbé Bossut.* Recherches sur l'équilibre des voûtes. // Мém. Acad. roy. sci. Paris, 1774 (1778), p. 534–566.
6. *L'abbé Bossut.* Nouvelles recherches sur l'équilibre des voûtes en dôme. // Мém. Acad. roy. sci. Paris, 1776 (1779), p. 587–596.