

## Еще одно предсказание Жюль Верна сбывается?

Алексей Андрианов

*Технический университет Делфта, Нидерланды*

Игорь Андрианов

*Технический институт земли Северный Рейн-Вестфалия, Германия*

Перечисление предсказанных Жюлем Верном технических устройств заняло бы немало места. Не все они сразу внедряются в практику, и иногда причины отнюдь не технические. Вспомним “Плавающий город” (1871). Построить очень большую плавающую структуру (ОБПС) технически было возможно уже давно, но экономически неоправданно. Однако с ростом плотности населения, особенно в таких странах как Япония, Китай, Нидерланды, Израиль, – список можно продолжить – цена земли стремительно растет, с развитием же техники стоимость создания ОБПС уменьшается, и соответствующие проекты становятся привлекательными для инвесторов. В первую очередь это проекты, связанные со значительными пространствами отчуждаемых земель: аэропортами, нефтехранилищами, солнечными и ветряными электростанциями. Также большие плавающие структуры могут быть использованы для строительства мостов, волнорезов, опор линий электропередач, доков и пирсов, спасательных баз, промышленных, военных и других целей и даже для проживания. Уже в первой половине этого века на Земле могут появиться первые плавающие деревни и города. Для России особенно перспективным выглядит плавающий космодром (“Морской старт”). Запускать космические корабли вблизи экватора намного легче, но как туда подобраться по суше?

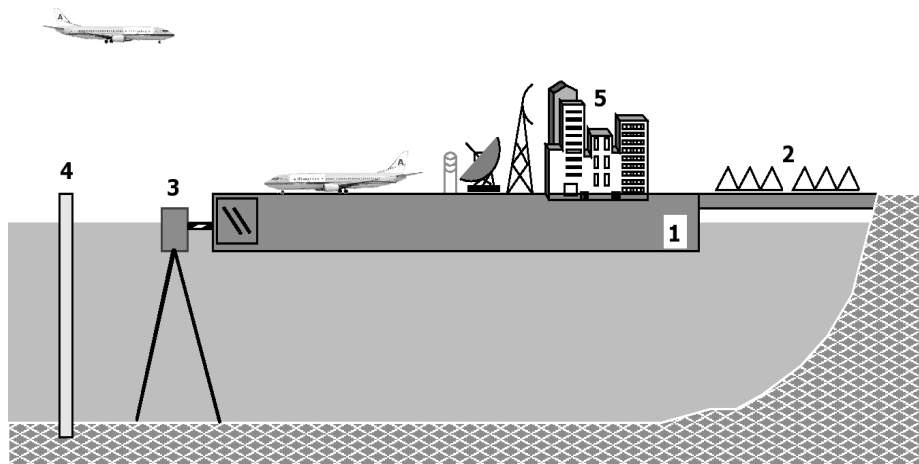
ОБПС обладают многими преимуществами по сравнению с насыпными (намытыми) территориями (островами): они экономичнее, не подвержены размыву, легко перемещаются с места на место. При этом строить их можно секциями на заводах, а на месте лишь собирать. ОБПС можно располагать в местах с большой глубиной, когда о насыпных островах и речи быть не может. ОБПС не так сказываются на экологии региона, в которых они функционируют. Конечно, есть и проблемы: защита ОБПС от влияния волн, от коррозии (морская среда весьма агрессивна), и – увы, веяние времени, – от возможных атак террористов. Технически все эти проблемы разрешимы, речь сейчас идет о поиске наиболее дешевых и надежных решений.

Мировым лидером в строительстве и проектировании ОБПС является Япония. Прототип плавающего аэропорта «Большой плот» (Megafloat) (рис.1) был создан в Токийском заливе, что дало возможность экспериментально проверить предложения инженеров. Само по себе это весьма впечатляющее сооружение. Судите сами: его длина – 1000 м, ширина – от 60 до 121 м, поверхность – 84000 кв.м.



*Рис.1. «Большой плот» – плавающая взлетно-посадочная полоса.*

Стандартная схема ОБПС представлена на рис.2. Как видно, ОБПС включает большую плавающую платформу (1), мост, связывающий платформу с берегом (2), удерживающую якорную систему (3), волнорез, который может быть сплошным или плавающим (4), и конструкции, находящиеся на плавающей платформе (5).



*Рис.2. Стандартная схема ОБПС.*

Конечно, реакцию ОБПС на внешние воздействия, в первую очередь волновые, нужно уметь предсказать. К сожалению, хорошо развитую для кораблей теорию здесь применить затруднительно: корабль обычно заменяют в расчетах балкой, здесь же речь идет о пластине.

Таким образом возникает связанная задача гидромеханики и теории упругости, причем для инженерной практики важно иметь достаточно простые аналитические решения, легко реализуемые при помощи современных компьютеров. В настоящее время такие решения удалось

получить, что дает возможность проектировщику уверенно судить о перемещениях ОБПС при различных глубинах моря и волновых нагрузках, а также о возникающих в системе напряжениях.

Интересно, что развитые методы можно успешно применять и для решения других задач. Самое естественное и традиционное приложение – расчет плавающих ледяных полей (рис.3). Возможен и обратный переход – от решений задач ледяных полей к анализу плавающих структур.



*Рис.3. Плавающее ледяное поле.*

Более экзотическим выглядит переход к проблемам геофизики. По современным данным земная кора представляет собой тонкую (отношение толщины к радиусу порядка 0.005) твердую деформируемую оболочку (литосферу), лежащую на вязком основании (астеносфера). На поверхности Земли под действием сил притяжения Луны возникают приливные волны. Вершины этих волн расположены приблизительно на оси Земля – Луна, при этом их величина составляет примерно 50 см. Подобные движения привлекаются некоторыми исследователями для объяснения дрейфа континентов, а расчеты в рамках подобной модели можно проводить на основе теории пластин и оболочек. А для исследования образования складок в земной коре весьма эффективной оказалась модель упругой пластины, лежащей на вязкой жидкости и сжатой в своей плоскости.

Да, в конце концов, и естественные острова – например, Хоккайдо, – можно рассматривать как пластину на вязкой жидкости! Впрочем, мы, кажется, немного увлеклись...

Конечно, ОБПС – сложные инженерные сооружения, и при их расчете нужно учитывать усталость металлических конструкций, отстраивать систему от возможных опасных резонансов, думать о ее стабилизации, – но все эти проблемы вполне преодолимы на современном уровне развития инженерии. Так что Жюль Верн, как видно, снова оказался пророком.

По материалам диссертации: “Hydroelastic analysis of very large floating structures”, Alexey Andrianov (<http://www.andrianov.org>), защищенной в Техническом университете Делфта, Нидерланды, 9 сентября 2005 г.