

# Инженерная олимпиада «Кентавр»

8 класс. 3 этап. 22 апреля 2026 года. Желаем удачи!

## Введение

### Феномен хождения по воде

Способность некоторых живых организмов перемещаться по поверхности воды издавна привлекает внимание естествоиспытателей и инженеров. Вода в спокойном состоянии покрыта тончайшей «плёнкой» — это проявление сил поверхностного натяжения, возникающих из-за разности межмолекулярных взаимодействий на границе раздела фаз. Для большинства объектов эта плёнка легко разрушается, и они погружаются. Однако эволюция наделила ряд насекомых и паукообразных уникальными приспособлениями, позволяющими им не только оставаться на поверхности, но и активно передвигаться по ней, охотиться и даже строить убежища.

Изучение этих биологических решений и их воплощение в технических устройствах составляет основу **биомиметики** — направления, которое ищет вдохновение в природе для решения инженерных задач. В данном туре вам предстоит выступить в роли инженеров-биомиметиков: создать искусственную модель, использующую принципы, которые природа «отрабатывала» миллионы лет.

### Живые «инженеры» поверхности воды

Ниже представлены пять организмов, каждый из которых демонстрирует уникальный подход к взаимодействию с водной поверхностью. Их изучение поможет вам сформулировать ключевые идеи для собственной конструкции.

#### 1. Водомерка (Gerridae)

Водомерка — классический объект биомиметических исследований. Её тело длиной 1–2 см поддерживается на воде тремя парами ног, причём средняя и задняя пары выполняют функцию «лыж» — они распределяют вес насекомого по большой площади. Лапки покрыты микроскопическими гидрофобными волосками (микро- и наноразмерными щетинками), которые создают эффект «эффекта лотоса»: вода не смачивает поверхность, а образует под лапкой вогнутый мениск. Сила поверхностного натяжения, действующая по периметру каждой лапки, в сумме во много раз превышает вес насекомого.

**Ключевое инженерное решение:** максимальное удлинение линии контакта с водой при минимальной массе и обеспечение гидрофобности всех контактирующих элементов.



Рис. 1: Водомерка на поверхности воды

## 2. Раговелия (*Rhagovelia*)

Раговелия — ближайший родственник обычной водомерки, но с уникальной адаптацией: на средних ногах у неё имеются **веерообразные придатки** (фанероны). В обычном состоянии веер сложен, но при гребке он пассивно раскрывается под действием сил поверхностного натяжения, увеличивая площадь контакта и позволяя развивать высокую скорость. При обратном движении веер складывается, уменьшая сопротивление. Важно, что раскрытие и складывание происходят без затрат мышечной энергии — это пример **пассивного механического интеллекта**.

**Ключевое инженерное решение:** использование подвижных элементов, меняющих свою геометрию при взаимодействии с водой, что позволяет сочетать устойчивость с эффективностью движения.



Рис. 2: Раговелия — водомерка с вёслами

## 3. Паук-серебрянка (*Argyroneta aquatica*)

Единственный паук, проводящий практически всю жизнь под водой. Его брюшко и ноги покрыты густыми гидрофобными волосками, которые удерживают слой воздуха. Этот воздушный пузырь придаёт пауку серебристый блеск (отсюда название) и работает как **физическая жабра**: кислород из воды диффундирует в пузырёк, а углекислый газ — наружу. Паук может оставаться под водой до нескольких суток без всплытия.

**Ключевое инженерное решение:** создание устойчивой воздушной прослойки на гидрофобной текстурированной поверхности. Этот принцип используется при разработке супергидрофобных покрытий и подводных конструкций, не требующих энергозатрат.



Рис. 3: Паук-серебрянка с воздушным пузырьком

## 4. Огненные муравьи (*Solenopsis*)

Отдельные особи огненных муравьёв способны ходить по воде, но гораздо более впечатляющим является коллективное поведение: при наводнении муравьи соединяются в плот, который может держаться на воде неделями. Каждый муравей цепляется за соседей челюстями и лапками, а гидрофобные покровы их тел создают общий воздушный карман, удерживающий всю колонию на плаву. Исследования показали, что лапка муравья, ориентированная параллельно поверхности воды, выдерживает нагрузку в 10 раз большую, чем при перпендикулярной ориентации.

**Ключевое инженерное решение:** важность



Рис. 4: Огненные муравьи, образующие плот

**ориентации элементов** относительно поверхности воды и возможность создания несущих конструкций из множества малых гидрофобных модулей.

## 5. Вертячки (Gyrinidae)

Вертячки — жуки, которые быстро кружатся на поверхности воды, охотясь на мелких насекомых. Их тело обтекаемо, а лапки обладают гидрофобными свойствами. При движении они используют не только силу поверхностного натяжения, но и **гидродинамическую подъёмную силу**: форма тела и гребковые движения создают вихри, которые дополнительно приподнимают жука над поверхностью. Их глаза разделены на две части — верхнюю для наблюдения за воздухом и нижнюю — за водной толщей.

**Ключевое инженерное решение:** сочетание статического удержания (поверхностное натяжение) с динамическими эффектами (гидродинамика). Для неподвижных конструкций это напоминает о важности формы и распределения нагрузки.

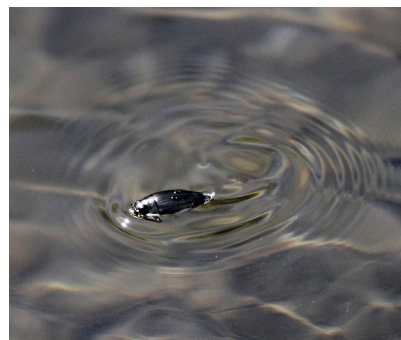


Рис. 5: Жук-вертячка на поверхности воды

## От биологии к инженерной задаче

Несмотря на разнообразие описанных адаптаций, все они основаны на общих физических принципах:

- использование силы поверхностного натяжения
- обеспечение гидрофобности контактирующих с водой поверхностей;
- минимизация массы при максимизации длины линии контакта;
- равномерное распределение нагрузки.

Вам предстоит создать искусственную модель, которая использует эти принципы для достижения максимальной эффективности. Ваша конструкция должна удерживаться на воде без касания дна и стенок, нести полезный груз, не погружая его, и вписываться в заданные габариты. Задача: достигнуть максимального отношения массы выдержанного груза к массе собственной конструкции:

$$K = \frac{m_{\text{груз}}}{m_{\text{конструкция}}} \rightarrow \max$$

Изучите примеры из живой природы, проанализируйте физические ограничения, экспериментируйте с материалами — и создайте свою, самую эффективную «водомерку».

## Оборудование и расходные материалы

- Весы
- Коктейльные трубочки
- Пластилин
- Изолента
- Свеча парафиновая, зажигалка
- Термоклей
- Нить
- Воздушные шары
- Масло растительное
- Нить
- Резинки канцелярские

Для конструирования установки необязательно использовать все перечисленные материалы.

## Задание

Спроектировать и изготовить конструкцию, которая:

1. Удерживается на поверхности воды, не касаясь дна и стенок ёмкости;
2. Несёт полезный груз, расположенный выше уровня воды (груз не должен касаться воды);
3. Вписывается в заданные габаритные ограничения до погружения в воду (квадрат  $10 \times 10$  см);
4. Использует только выданные материалы.

Численный критерий:

$$K = \frac{m_{\text{груза}}}{m_{\text{водомерки}}}$$

Главная задача: максимизировать  $K$  (максимум 35 баллов).

## Теоретический вопрос (15 баллов)

Прежде чем приступать к изготовлению, ответьте письменно на следующий вопрос:

*«Как форма, геометрия и свойства материалов вашей конструкции влияют на величину  $K$ ? Какие параметры конструкции нужно максимизировать, а какие — минимизировать, чтобы достичь наилучшего результата? Какие физические явления при этом работают?»*

Опишите ваше понимание того, от каких факторов зависит успех. Этот ответ поможет вам осознанно подойти к проектированию и будет учитываться при подведении итогов.

Для вашей модельной "водомерки" оцените максимальную удерживаемую массу полезного груза.

## Условия выполнения

### Габаритные ограничения и запреты

Конструкция должна вписываться в квадрат со стороной 10 сантиметров (измеряется горизонтальная проекция).

Конструкция должна удерживаться на воде преимущественно за счёт сил поверхностного натяжения, а не архимедовой выталкивающей силы. **Использование бортов высотой более 5 мм на площадке для грузов запрещается.**

Груз (шайбы, дробь) предоставляется организаторами. Вы не можете изменять груз (гнуть, разрезать и т.п.). Груз должен располагаться выше уровня воды — его погружение не допускается.

### Требования к испытаниям

Конструкция с установленным грузом должна сохранять устойчивое положение в течение 30 секунд, не касаясь дна и стенок ёмкости. Если за это время конструкция коснулась дна, накренилась так, что груз коснулся воды, или разрушилась, попытка считается неудачной.

Тестировать установку самостоятельно можно неограниченное число раз. Для регистрации результата необходимо провести измерение в присутствии члена жюри (таких попыток у вас будет 3). В зачёт идёт лучший результат.

## Порядок проведения

1. **Ответ на теоретический вопрос** — вы письменно фиксируете ваше понимание того, как устроена водомерка и какие факторы определяют эффективность конструкции.
2. **Проектирование и изготовление** — вам отводится время на создание конструкции. Вы можете экспериментировать, тестировать промежуточные версии.
3. **Взвешивание конструкции** — перед испытаниями ваша конструкция взвешивается в сухом виде. Масса фиксируется.

4. **Фиксация результата** — фиксируется максимальная масса груза, при которой конструкция продержалась 30 секунд, соблюдая все условия.

Вы вправе самостоятельно распоряжаться всем отведённым вам временем.

## Ответы

### Теоретический вопрос

Форма, геометрия и свойства материалов:

Расчёт максимальной массы груза (теоретически):

### Результаты испытаний

Попытка	Масса груза, г	Масса конструкции, г	Коэффициент $K$
1			
2			
3			
Лучшая			

### Итоговый коэффициент $K$ (для жюри)

$$K_{\text{итог}} = \frac{m_{\text{груза max}}}{m_{\text{конструкции}}} = \underline{\hspace{10em}}$$

### Критерии оценивания

#### Теоретическая часть (15 баллов)

1. Прописана идея о максимизации общей длины контура  $L$ . Сила поверхностного натяжения пропорциональна коэффициенту поверхностного натяжения и длине приложения силы. Для максимизации параметра  $K$  не выгодно в рамках водомерки максимизировать её площадь, выгодно увеличивать её периметр. (7

баллов при записанной формуле силы поверхностного натяжения, 3 баллов без неё)

2. Для увеличения силы поверхностного натяжения и максимизации параметра  $K$  выгодно использовать материалы, которые не смачиваются водой. Это увеличивает коэффициент поверхностного натяжения (например масло, парафин). (5 баллов при записанной формуле силы поверхностного натяжения, 3 баллов без неё)
3. Приведена адекватная по порядку оценка максимальной удерживаемой массы полезного груза (в рамках установки участника) (3 баллов)

### **Практическая часть (35 баллов)**

В конце проведения олимпиады для каждого участника фиксируется полученное им значение  $K$ . Оно не ограничено сверху, а потому баллы за практический тур будут дифференцироваться после проведения всех итогов по следующему принципу:

1. Участник (участники) с максимальным  $K$  получает максимальные 35 баллов.
2. Участник (участники) со вторым по величине  $K$  сверху получают  $35 \cdot \frac{N-1}{N}$ , где  $N$  — общее число участников.
3. Участник (участники) с третьим по величине  $K$  сверху получают  $35 \cdot \frac{N-2}{N}$ .
4. И так далее...
5. Участники, чьи испытания провалились, получают 0 баллов.