

ЗАЩИТА АКВАТОРИЙ МОРСКИХ САДКОВЫХ ХОЗЯЙСТВ ОТ ШТОРМОВЫХ ВОЛН

Р. Ф. Коган (ЦНИИС), О. Д. Романычева (ВНИРО)

Для исключения вредного воздействия морского волнения на садковое рыбоводство необходимы волноустойчивые садки, полная автоматизация выращивания рыбы, эффективные волнозащитные ограждения.



Рис. 1. Общий вид модели рыбного садка конструкции ВНИРО.

При конструировании морских садков и волнозащитных ограждений необходимы сведения об опыте эксплуатации рыбных садков в условиях морского волнения, об авариях с заякоренными садками и результаты изучения взаимодействия заякоренных садков с волнами. К сожалению, в литературе содержится крайне мало информации по этим вопросам.

Было исследовано поведение заякоренных плавучих садков конструкции ВНИРО (рис. 1) на волнении в волновом лотке ЦНИИС. Основное внимание уделялось взаимодействию заякоренных садков с волнами, работе межсадковых соединений при различных параметрах исходных волн, определению нагрузок в якорных связях при различном числе садков, установленных на одном якоре, гашению волн рыбными садками. Опыты проводились с одним, двумя и тремя садками, выполненными в масштабе 1:5.

Главные размеры и водоизмещение модели садка

Параметры плавучего основания, см	
длина	108,5
ширина	84,0
осадка	3,0
Наибольшее заглубление сетной части садка, см	50,0
Площадь сетной части садка в плане, м ²	0,64
Рабочий объем сетной части садка, м ³	0,30
Водоизмещение, кг	5,60

Схема опытной установки с расположением садков в волновом лотке ЦНИИС приведена на рис. 2. В опытах высоты волн h были 10; 15 и 20 см, а длины $\lambda = 100 \div 350$ см. Опыты показали, что при взаимодействии с правильной и регулярной волной заякоренные рыбные садки в условиях плоской задачи совершают вертикальные, угловые и горизонтальные колебания. Величины амплитуд колебаний садков зависят от параметров исходного волнения, динамических характеристик плавучего основания садка, жесткости междюсковых соединений и от положения садка в цепочке других садков.

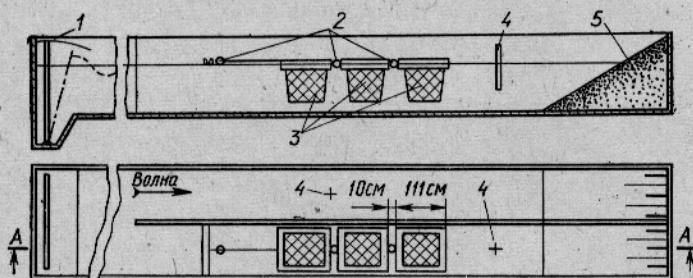


Рис. 2. Схема опытной установки:

1 — волнопродуктор; 2 — тензометрические датчики; 3 — рыбные садки; 4 — волномеры; 5 — откосный волногаситель.

При взаимодействии группы заякоренных садков с волнами, длины которых λ равна или меньше длины плавучего основания садка l , амплитуда качки наибольшая у первого к волне садка, затем постепенно уменьшается, почти исчезая у последнего в группе, так как при очень коротких волнах (при $\frac{l}{\lambda} > 1$) передние садки, взаимодействуя с волной, почти полностью разрушают ее и концевые садки оказываются в зоне с уже погашенной волновой энергией.

Рабочие площадки первого и второго садков полностью заливаются водой. Первое к волне междюсковое соединение испытывает большие динамические нагрузки. Якорные связи сильно натянуты. Сетная часть переднего садка значительно деформируется. Качка переднего к волне садка носит резкий и порывистый характер.

При волнах, длины которых соответствуют значениям $0,4 < \frac{l}{\lambda} < 0,7$, сильной качке подвержены не только передние садки, но и последние в группе, причем иногда даже больше, чем передние. Большинство садков заливаются водой. При подходе гребня крутой волны передняя часть садка подныривает под него и на какое-то время рабочие площадки скрываются под водой. Вода в садке бурно и беспорядочно колеблется. Боковые стенки сетной части садка прогибаются внутрь (даже при наличии тяжелых отвесов по нижним углам сети), значительно уменьшая рабочий объем садка; тем самым ухудшаются условия обитания рыб.

При взаимодействии садков с крутыми волнами ($\frac{h}{\lambda} > \frac{1}{15}$) значительно возрастают якорные нагрузки; сильные и частые рывки разрушают междюсковые соединения. Резкая порывистая качка садков не позволяет обслуживать их в этих условиях.

На длинных и пологих волнах ($\frac{l}{\lambda} < 0,1$ и $\frac{h}{\lambda} < \frac{1}{30}$) группа заякоренных садков плавно изгибается по поверхности воды, принимая форму волны. Качка садков носит спокойный характер; рабочие

площадки не заливаются, амплитуды качки всех садков почти одинаковы и равны высоте исходных волн; объемы сетной части садков изменяются в меньшей степени, чем при коротких волнах; обслуживать садки нетрудно.

Натурные наблюдения, проведенные сотрудниками экспериментальной базы ВНИРО в бухте Тыстамаа Рижского залива, подтверждают результаты опыта. Длинные и пологие волны не нарушали нормальную эксплуатацию садков, а короткие и крутые вызывали нежелательные последствия.

Таким образом, наиболее существенными факторами, определяющими характер поведения группы сочлененных между собой садков ВНИРО на волнении, оказались крутизна волны $\frac{h}{\lambda}$ и соотношение между длиной плавучего основания садка l и длиной исходной волны λ . Поэтому в дальнейшем определяли такие значения $\frac{l}{\lambda}$ и $\frac{h}{\lambda}$, при которых обеспечивается нормальная эксплуатация садков конструкции ВНИРО.

В волновом лотке на модели, состоящей из трех садков, соединенных кольцевыми тензодатчиками, была установлена зависимость между величиной усилия P в междюковых соединениях и отношением $\frac{l}{\lambda}$. На графике этой зависимости (рис. 3) сила P выражена безразмерной величиной

$$\frac{P_{\max}}{\gamma h^2 B}$$

где $P_{\max}$ — максимальные усилия в междюковом соединении;

h — высота исходной волны;

B — ширина садка по фронту волны;

γ — удельный вес воды.

Из анализа зависимостей, представленных на рис. 3, следует, что с ростом значения $\frac{l}{\lambda}$ величина и скорость возрастания усилий в первом к волне междюковом соединении выше, чем в последующих, усилия в междюковом соединении снижаются при увеличении длины набегающих волн

(т. е. с уменьшением $\frac{l}{\lambda}$), при значениях $\frac{l}{\lambda} < 0,2$ усилия в междюковых соединениях принимают почти постоянные значения.

Однако долговечность и надежность работы междюкового соединения зависит не только от величины внешних воздействий, но и от характера их приложения. На рис. 4 изображены осциллограммы усилий в междюковых соединениях для трех сочлененных вместе садков при значениях отношения $\frac{l}{\lambda}$ равных 0,31;

0,43 и 0,72 (в опытах это соответствовало волнам с $h = 10$ см, и $\lambda = 150, 250$ и 350 см).

3—756

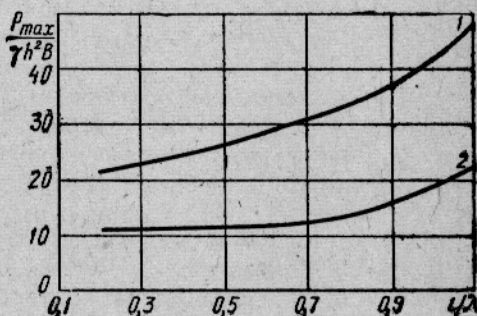


Рис. 3. Графики усилий в междюковых соединениях в зависимости от отношения:

$$\frac{P_{\max}}{\gamma h^2 B}$$

1 — усилия в первом к волне соединении; 2 — усилия во втором соединении.

Установлено, что усилия в соединениях имеют знакопеременную величину, при значениях отношения $\frac{l}{\lambda} < 0,25$ они изменяются по закону, близкому к синусоидальному, при значениях отношения $\frac{l}{\lambda} > 0,7$ ярко выражен динамический характер усилий.

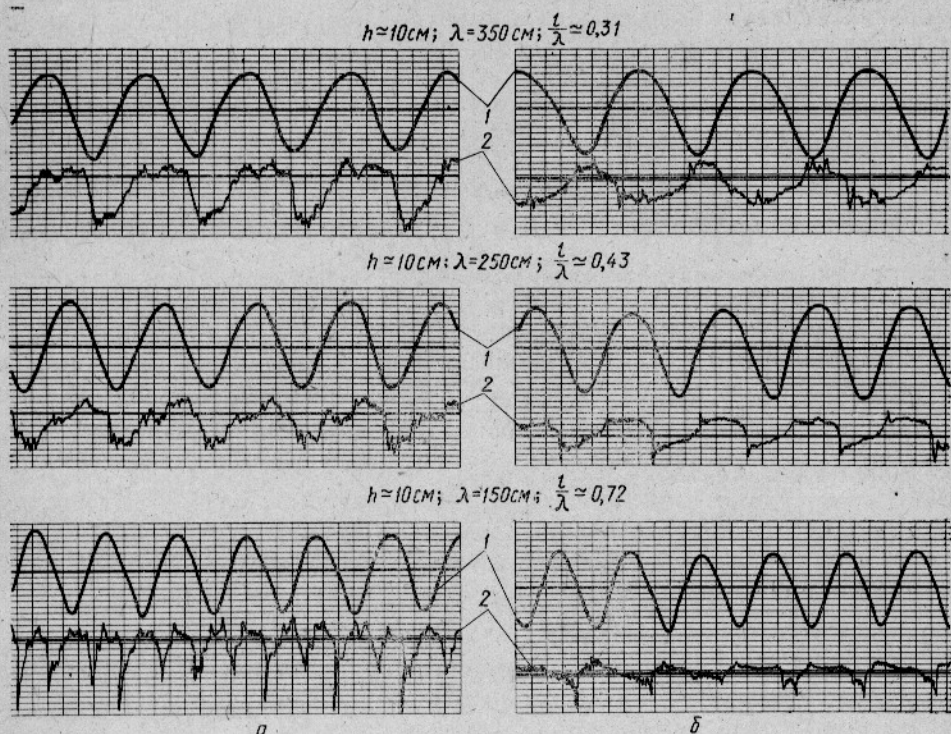


Рис. 4. Осциллограммы усилий в первом (а) и втором (б) междюковых соединениях: 1 — график волны; 2 — график усилий в междюковом соединении.

Динамические составляющие в нагрузках объясняются порывистой качкой садков конструкции ВНИРО на коротких и крутых волнах, причем колебание каждого садка несколько отстает по фазе от колебания соседнего, что приводит к сильным рывкам в междюковых соединениях.

Натурные наблюдения за характером взаимодействия рыбных садков ВНИРО с волнами и анализ причин разрушений междюковых соединений подтверждают результаты экспериментов. Именно на коротких и крутых волнах появляются усилия, приводящие к разрушению междюковых соединений.

Одна из причин, по которой садковое хозяйство несет большие убытки, — разрушения якорных устройств садков во время шторма. Сложность определения якорной нагрузки и необоснованность выбора конструкции якорных устройств не обеспечивают надежности якорной стоянки.

Предварительные представления о характере работы якорных устройств группы садков получены на основе исследований в условиях плоской задачи. По результатам опытов построены графики зависимостей между усилиями F в якорной связи и числом садков n , поставленных одновременно на один якорь (рис. 5). Крутизна волны $\frac{h}{\lambda}$ в опытах

составляла 0,020, 0,030 и 0,044. Усилия в якорной связи выражены отношением $\frac{\Phi_{\max}}{\gamma h^2 B}$. Значение отношения $\frac{l}{\lambda}$ в опытах оставалось постоянным и равным 0,31.

Из анализа зависимостей следует, что чем круче исходная волна, тем интенсивнее рост якорных нагрузок (уменьшение $\frac{h}{\lambda}$ с 0,044 до 0,020 снижает величину якорной нагрузки при трех садках с 15 единиц до 4); увеличение числа садков, стоящих одновременно на одном якорь, вызывает рост якорных нагрузок (так при $\frac{h}{\lambda} = 0,020$ поставка трех садков вместо одного увеличила якорную нагрузку с 0 до 4 единиц).

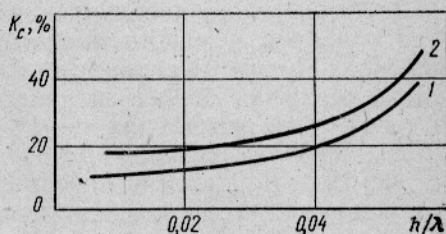
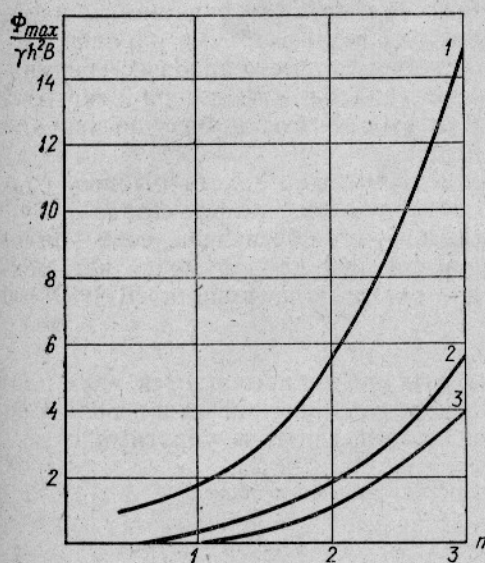


Рис. 6. Графики степени волногашения K_c в зависимости от крутизны волны

$$\frac{h}{\lambda} \text{ при } \frac{l}{\lambda} = 0,31;$$

1 — при двух садках; 2 — при трех садках.

Рис. 5. Графики усилий в якорных тро-
сах в зависимости от количества садков

$$n \text{ при } \frac{l}{\lambda} = 0,31;$$

1 — при $\frac{h}{\lambda} = 0,044$; 2 — при $\frac{h}{\lambda} = 0,030$; 3 — при $\frac{h}{\lambda} = 0,020$

Размеры волнового лотка ЦНИИС лимитируют число садков, поэтому результаты опытов отражают скорее качественную сторону вопроса, чем количественную. Чтобы решить этот вопрос требуются специальные исследования в условиях пространственной задачи. Однако уже сейчас можно предположить, что при достаточно большом числе сочлененных садков, поставленных на один якорь, возникнут чрезмерные нагрузки. Это мнение подтверждается опытом эксплуатации рыбных садков в заливах Балтийского моря.

Волногасящие свойства рыбных садков несколько изменяют гидрологическую обстановку акватории, иногда садки использовали даже как волнозащитные средства. Волногасящие качества садков ВНИРО оценивали по степени волногашения K_c (в %), определяемой по формуле

$$K_c = (1 - K_n) 100\%,$$

где K_n — коэффициент проникания, представляющий собой отношение высот волн за садками и перед ними.

Исследовались волногасящие качества одного, двух и трех садков, расположенных последовательно друг за другом. Анализ приведенных на рис. 6 зависимостей степени волногашения K_c от крутизны исходных

волн $\frac{h}{\lambda}$ при постоянном значении отношения $\frac{t}{\lambda} = 0,31$ позволяет заключить, что волногасящие качества одного плавучего садка чрезвычайно низки (зафиксировать их на опыте не удалось); волногасящие качества группы садков увеличиваются по мере роста числа садков, соединенных в цепочку по лучу волны (три садка вместо двух увеличили волногашение на 6%), и с ростом крутизны исходной волны (для группы из трех садков изменение крутизны волны с 0,02 до 0,05 увеличило степень волногашения на 17%). Степень волногашения становится очень малой при значениях отношений $\frac{h}{\lambda} < 0,025$.

ВЫВОДЫ

1. Нормальная эксплуатация рыбных садков (незаливаемость рабочих площадок, незначительность колебаний воды в объеме рабочей части садка, отсутствие динамических нагрузок в междювковых соединениях, надежная работа якорных систем садков и т. д.) на открытых мелководных акваториях не может быть обеспечена без применения специальных волнозащитных ограждений.

2. Использование в качестве волнозащитных средств рыбных садков, поставленных в один, два и более рядов, неэффективно.

3. Нормальная эксплуатация садков будет обеспечена, если волнозащитные ограждения будут гасить все волны длиной менее четырехкратной длины плавучего основания садка конструкции ВНИРО и крутизной $\frac{h}{\lambda}$ выше чем $\frac{1}{40}$.

4. Волноустойчивость системы рыбных садков повышается, если плавучее основание садка в четыре раза короче длины расчетной волны на акватории, а междювковые соединения выполняются упругими.

Protection of maricultural areas from storm waves

Kogan R. F., Romanycheva O. D.

SUMMARY

Storm waves in the sea affect the development of mariculture. A flat problem is solved for the case of net pens (VNIRO models). The results reveal some aspects of the interaction of anchored net pens with waves, characteristics of changes occurring in pen joints and anchor ties under stress and wave-damping properties of net pens. It is recommended that all open sea areas used for mariculture should be protected from storm waves.

УДК 639.371:639.32

МОРСКОЕ ТОВАРНОЕ ЛОСОСЕВОДСТВО ЗА РУБЕЖОМ

Э. Е. Шевцова, В. С. Чуксин (ЦНИИТЭИРХ)

Мировая продукция лососеводства, которое существует около 100 лет, в настоящее время составляет сотни тысяч тонн в год. До недавнего времени основная цель этой отрасли рыбоводства заключалась в искусственном воспроизводстве запасов лососевых, т. е. инкубировании искусственно оплодотворенной икры и выпуске личинок или подращенной молоди в реки. Товарное лососеводство (выращивание столо-