

АНКЕРНЫЕ ПЛИТЫ КОРОБЧАТОГО ТИПА ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТИПА БОЛЬВЕРКОВ

Школа А.В., Бондаренко И.В., Роман В.М. (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*)

Страхов Ю.Г. (*Мариупольский морской торговый порт, г. Мариуполь*).

Анкерные устройства являются одним из определяющих конструктивных элементов сооружений распорного типа. В статье представлены новые конструкции анкерных плит и их расчет. Конструкции внедрены в Мариупольском морском торговом порту.

При проектировании причальных сооружений распорного типа (больверков), как правило, применяются анкерные плиты вертикального типа. Конструктивные решения ранее предложенные для речных причалов Козловым В.М. (горизонтальные полотнища), Половинкиным А.И. (горизонтально прислоненные разгрузочные) не нашли применения в морском гидротехническом строительстве, поскольку эксплуатационные нагрузки воспринимаемые морскими причалами на порядок превышают аналогичные нагрузки портовых сооружений на реках.

В настоящей статье излагаются преимущества новой конструкции анкерных плит коробчатого типа (см. рис. 1), методика их расчета, результаты лабораторных экспериментальных исследований несущей способности, формулируются выводы относительно области применения предложенной конструкции.

Монтаж анкерных плит вертикального типа сопряжен с необходимостью применения трудоемкого водолазного труда по обустройству каменной подушки в подводном положении, тщательным ровнением ее поверхности, раскреплении плит для обеспечения вертикальности, а также (при подстилающем основании низкой прочности — илы, водонасыщенные глины в текучем состоянии), как правило, повторной перекладкой плит для обеспечения

рекладкой плит для обеспечения отметок их проектного положения. Трудоемкость указанных работ очевидна. Кроме того необходимо располагать специальными траверсами, плавучими кранами большой грузоподъемности со значительным вылетом грузовых стрел, поскольку монтаж вертикальных плит производится одновременно с анкерными тягами, длина которых (в зависимости от глубины у кордона) составляет 20-30 м.

Преимущества предлагаемой конструкции заключаются в возможности исполнения каменной подушки непосредственно в отметках ординара (т.е. без применения водолазного труда), монтажа плит с берега кранами на гусеничном или пневмоколесном ходу, контролируемости болтовых раскреплений натяга стальных анкеров. Для больших глубин у кордона авторы рекомендуют применять конструкцию, изображенную на рис. 1а. Для средних и малых глубин – 1б.

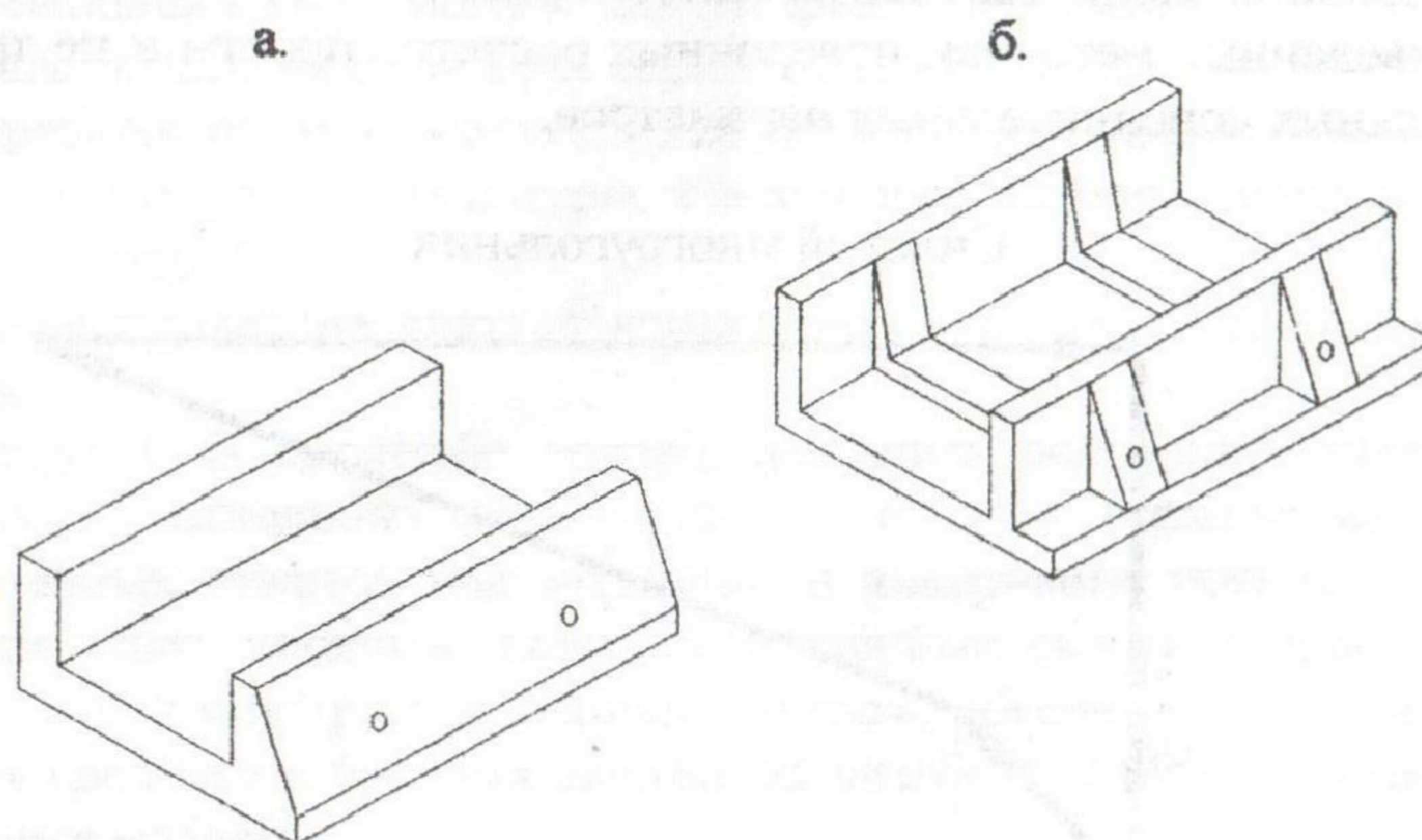


Рис. 1.

Методика расчета предложенных плит включает две основные расчетные схемы. Первая расчетная схема реализует проверку анкерной плиты на выдергивание (см. рис. 2). Вторая – на сдвиг по подошве (см. рис. 3). Для обеих расчетных схем рассматривается плоская задача. Т.е. оценка выполняется на 1 погонный метр анкерной плиты.

В соответствии с первой расчетной схемой (рис. 2) несущая способность анкерной плиты обеспечивается при выполнении следующего условия:

скольжения соответственно отклонены от вертикали под углами $45-0,5\varphi_1$ и $45+0,5\varphi_1$.

Для соответствующих площадей областей отпора и выпора определяется собственный вес грунта – G_5, G_6 (см. рис. 3).

Условие устойчивости конструкции можно представить в виде:

$$R_a \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \times \Phi \quad (2)$$

где R_a, γ_c и γ_n – аналогично расчету на выдергивание;

Φ – несущая способность системы.

Последняя определяется из силового многоугольника, который строится при соответствующих значениях угла внутреннего трения грунта и ориентации реактивных сил (см. рис. 4).

Приведенные методики поверочных расчетов просты и не требуют специальных дополнительных параметров.

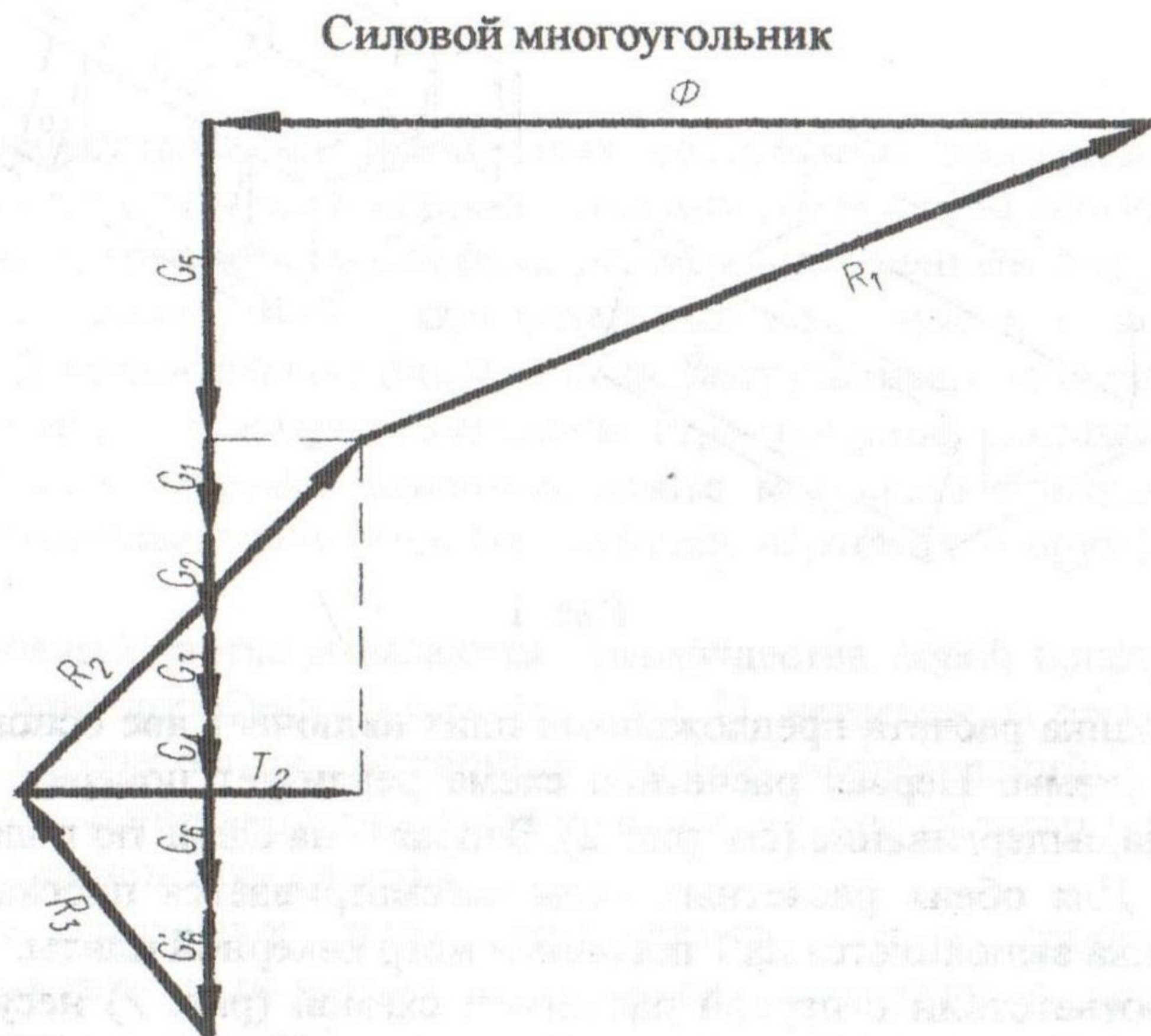


Рис. 4

Для оценки верности расчетных схем, приведенных выше, были выполнены модельные лабораторные испытания анкерных плит корытного профиля. Испытания выполнялись на двух моделях, первая из которых была изготовлена полного профиля, вторая -- облегченного.

Материалом для изготовления моделей служил цементный раствор. В качестве анкеров, через которые передавалась горизонтальные усилия, использовались стальные тяжи диаметром 3 мм. Все серии опытов проводились в лотке с прозрачной боковой стенкой заполненном люберецким песком (крупный с углом внутреннего трения 33° и объемным весом $1,6 \text{ т/м}^3$). Для устранения влияния трения о боковые стенки, т.е. обеспечения плоских условий работы, каждая из моделей включала три элемента: два боковых и средний.

Горизонтальная нагрузка передавалась грузами через систему блоков на все элементы, но фиксировалась только для среднего из них с помощью динамометра. Определение несущей способности моделей плит выполнялось на момент сдвига среднего элемента моделей.

Было выполнено четыре серии испытаний каждой из моделей с трехкратной повторяемостью. Геометрический масштаб моделирования 1:20 относительно натуре. Габаритные размеры испытанных моделей см. рис. 5.

Ниже приведена краткая характеристика особенностей каждой из серий.

Серия 1. В масштабе воспроизводились основание, включающее каменную постель из мелкого щебня, а также отсыпка из песка до масштабных отметок над моделями и анкерными тяжами. Элементы модели через анкерные тяжи, пропущенные сквозь торцевую стенку лотка, и систему траверс с динамометром, объединяющих соосно блоки для среднего и боковых элементов загружались поэтапно до момента сдвига модели.

Серия 2. Аналогично серии 1, однако исключено действие на модель активного давления. Это достигалось путем установки у задней стенки модели вертикальной жесткой диафрагмы по всей ширине лотка.

Серия 3. Щебеночная постель заменялась гладкой отполированной доской с катучими опорами на которые размещалась подошва модели, т.е. исключалось трение по подошве.

Серия 4. Аналогично сериям 2 и 3, т.е. одновременно исключены активное давление и трение по подошве.

Результаты, полученные в сериях 1-4 для модели полного профиля приведены в таблице 1, для модели облегченного профиля -- в табл. 2.

$$R_a^* \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \times (E_p - E_a + T_1 + T_2) \quad (1)$$

Расчетная схема к проверке анкерной плиты на выдергивание.

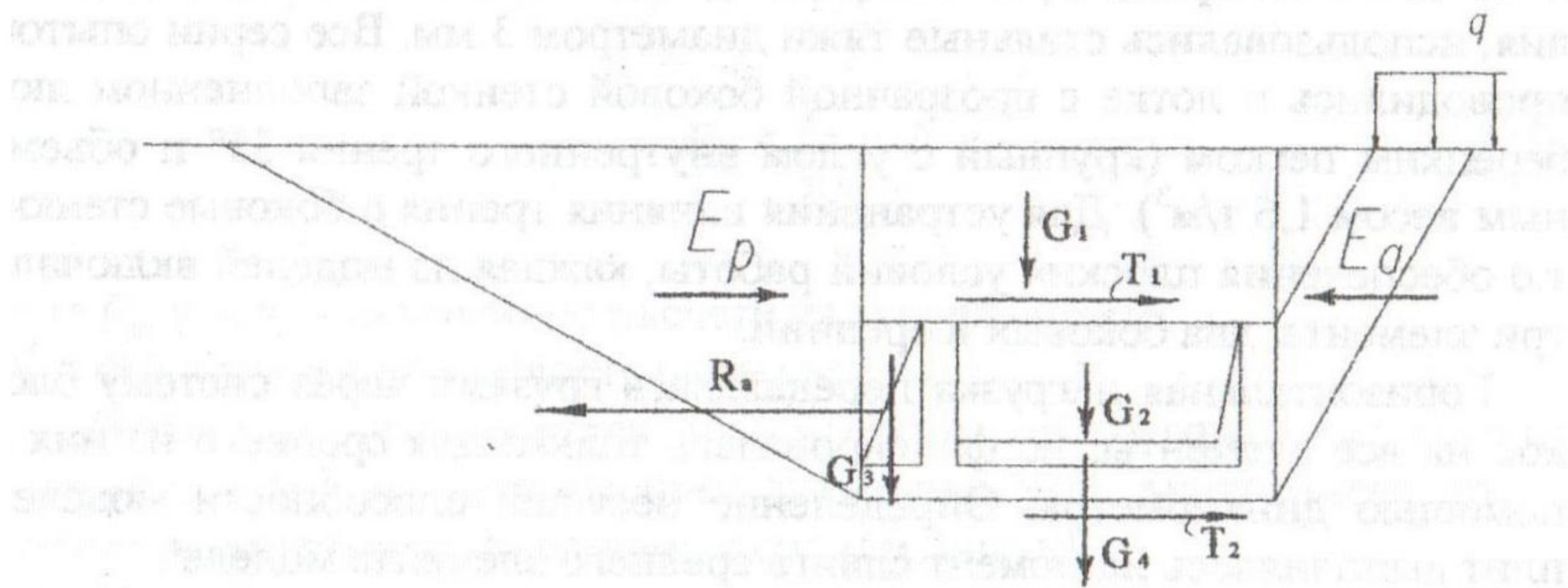


Рис. 2.

где E_p E_a – равнодействующие сил пассивного и активного давления грунта соответственно;

T_1 T_2 – горизонтальные составляющие сил трения;

$R_a'' = m_e m_a R_a$ – усилие в анкере, приведенное к 1 п. м.;

γ_c – коэффициент условий работы;

γ_n – коэффициент надежности по классу ответственности сооружения.

Ординаты эпюры активного давления грунта определяются по формуле:

$$\sigma_{a_i} = (q_i^H + \sum \gamma_i^H h_i) \lambda_a, \quad \text{где } \lambda_a = \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi_i)$$

E_a – равнодействующая сил активного давления грунта как площадь эпюры σ_a .

Ординаты эпюры пассивного давления грунта определяем по формуле

$$\sigma_{p_i} = (\sum \gamma_i^H h_i) \lambda_p, \quad \text{где } \lambda_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + 0,5\varphi_i)$$

E_p – равнодействующая сил пассивного давления грунта как площадь эпюры σ_p .

Горизонтальные составляющие сил трения T_1 и T_2 определяются как:

$$T_1 = G_1 \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi_i; \quad T_2 = (G_1 + G_2 + G_3 + G_4) \cdot f$$

где φ_i – расчетный угол трения грунта засыпки.

G_1 – вес грунта над анкерной плитой, G_2 – вес грунта между передней и задней стенкой анкерной плиты, G_3 – вес грунта над скошенной гранью анкерной плиты, G_4 – вес анкерной плиты.

f – коэффициент трения бетона по грунту основания.

Если условие (1) выполняется то устойчивость анкерной системы обеспечена.

В соответствии со второй расчетной схемой (рис. 3) выполняется проверка устойчивости на сдвиг. Поверхность сдвига ломаная и определяется трапецией ABCD в предположении плоских поверхностей скольжения (классическая теория Кулона). Как и в предыдущей расчетной схеме анализируется плоская задача.

Расчетная схема к проверке анкерной плиты на сдвиг

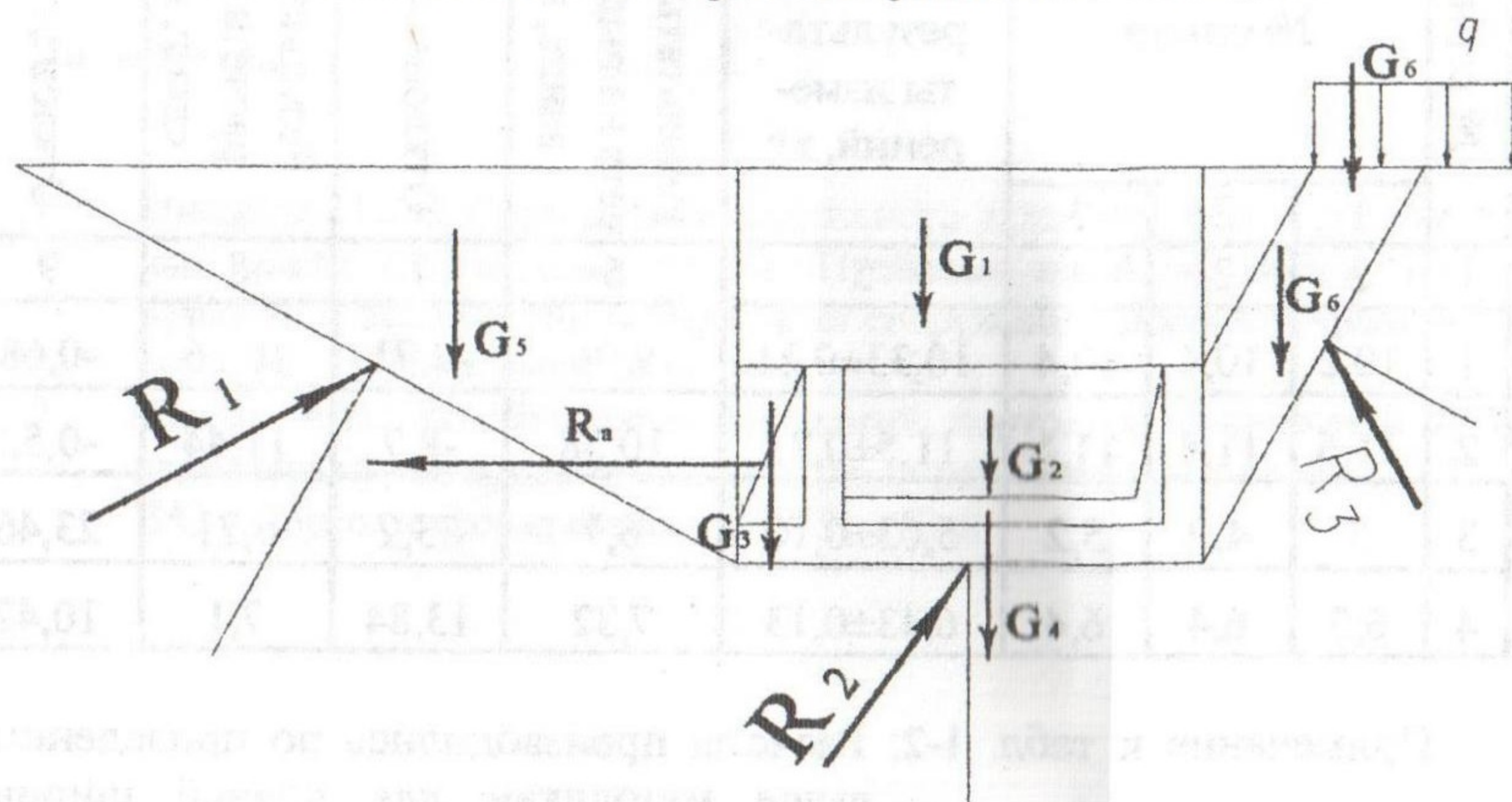


Рис. 3

Расчет производится графоаналитическим способом посредством построения областей обрушения и выпора. При этом, плоскости

Сравнение результатов экспериментов и расчетов.

Таблица 1.

№ серии	№ опыта			Средние результаты измерений, кг	Результаты расчета на выдергивание, кг	Отклонение, %	Результаты расчета на сдвиг, кг	Отклонение, %
	1	2	3					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	11,2	11,4	11,2	11,27±0,22	10,83	-4,03	10,94	-2,94
2	12	12,2	12,3	12,17±0,24	11,48	-5,98	11,81	-3,03
3	5	5,2	5	5,07±0,10	6,9	36,18	6,97	37,53
4	6,5	6,7	6,7	6,63±0,13	7,5	13,07	7,83	17,98

Таблица 2.

№ серии	№ опыта			Средние результаты измерений, кг	Результаты расчета на выдергивание, кг	Отклонение, %	Результаты расчета на сдвиг, кг	Отклонение, %
	1	2	3					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10,2	10,4	10,4	10,33±0,21	9,96	-3,71	10,26	-0,68
2	11,6	11,4	11,5	11,5±0,23	10,58	-8,7	11,44	-0,52
3	5	4,9	5,2	5,03±0,10	6,7	33,2	6,21	23,46
4	6,5	6,4	6,4	6,43±0,13	7,32	13,84	7,1	10,42

Примечание к табл. 1-2: Расчеты производились по приведенным выше методикам для полной ширины среднего элемента модели.

Выводы:

1. Сопоставление результатов расчетов и выполненных экспериментальных исследований показывают хорошую их сходимость для практических целей.
2. Наибольшее отклонение показывает третья серия испытаний для обеих моделей, что свидетельствует о необходимости уточнения коэффициента трения между подошвой моделей и каменной постелью.
3. Результаты сопоставления расчетов и экспериментов для четвертой серии испытаний приводят к выводу о взаимной компенсации действия активного давления и трения по подошве.
4. Положительные значения отклонений требуют корректировки коэффициентов в формулах (1, 2), что может быть выполнено в результате натуральных испытаний.
5. Предложенные конструкции анкерных плит коробчатого типа внедрены на ряде причалов морских портов Украины. Эксплуатация этих конструкций показала надежную работу в практике.

Литература

1. Михайлов Ю.Б. Определение пассивного давления грунта на анкерные плиты. Сб. научных трудов «Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации береговых сооружений морского транспорта». – М., ЦРИА «Морфлот», 1982. – с. 64.
2. Школа А.В. Устойчивость оснований портовых сооружений при статической неопределенности параметров. Учебное пособие. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1989. – 42 с.