**НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ АСПЕКТЫ РАСЧЁТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ НА СЕЙСМИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ**

**THE MOST IMPORTANT ASPECTS OF CALCULATION AND DESIGNING THE BASIS OF THE GRAVITATIONAL SUPPORTING WALL FOR SEISMIC LOAD**

**Минаев О.П.**

к.т.н., доцент, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия

**Oleg P. Minaev**

Ph.D., the Ministry of Transport of the Russian Federation, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 5/7, Dvinskaya str., Saint-Petersburg, 198035, Russia ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0003-0920-9081>

**Аннотация.** В докладе излагаются наиболее важные аспекты и приводятся основные результаты расчёта и проектирования гравитационной подпорной стенки (железобетонной уголковой с передней консолью и массивной бетонной) на сейсмическую нагрузку. Даётся сравнительный анализ проведенных расчетов для эксплуатационного случая при статической и динамической (сейсмической нагрузке) для широкого диапазонов исходных данных. Подчёркивается, что при проектировании основания подпорной стенки не допускается разжижение песчаных грунтов засыпки и подушки в её основании, что приведёт к катастрофической потере несущей способности грунтов основания и устойчивости подпорной стенки. Для повышения устойчивости структуры песчаных грунтов процессу разжижения должны применяться разработанные автором эффективные вибродинамические методы их уплотнения.

**Ключевые слова:** подпорная стенка, устойчивость, песчаная засыпка, основание, разжижение грунтов

**Abstract.** The report outlines the most important aspects and summarizes the main results of the calculation and design of a gravitational retaining wall (reinforced concrete corner with a front console and massive concrete) on the seismic load. A comparative analysis of the calculations for the operational case with static and dynamic (seismic load) for a wide range of input data is given. It is emphasized that during the design of the base of the retaining wall it is not allowed to liquefaction the sandy soils of the backfill and cushion at its base, which will lead to a catastrophic loss of the bearing capacity of the base soils and the stability of the retaining wall. To increase the stability of the structure of sandy soils, the liquefaction process should be applied by effective vibrodynamic methods of their compaction, developed by the author.

**DOI 10.37153/2686-0045-2019-13-13-15**

Гравитационная подпорная стенка является базовой ограждающей конструкцией гидротехнических сооружений: причальных сооружений морских и речных портов, городских набережных и элементов конструкций дамб и плотин и т.п. Известно, что на подпорную стенку действует значительная горизонтальная нагрузка $E\_{a}^{c}$ от веса грунта засыпки и полезной нагрузки территории порта, а также динамическая нагрузка при её расчёте в сейсмоопасных районах строительства. В этом случае требуется обязательная проверка устойчивости подпорной стенки на плоский сдвиг по подошве или слабой прослойке грунта основания, а также на глубинный сдвиг. При этом в расчётах на сдвиг коэффициент запаса устойчивости определяется соотношением между удерживающей силой грунта основания и сдвигающей силой веса грунта засыпки и внешней нагрузки. Значение данного коэффициента запаса устойчивости определяется классом сооружения по нормативным документам. Проверка устойчивости подпорной стенки на скольжение при плоском сдвиге в плоскости подошвы при действии сейсмической нагрузки выполняется по формуле

$K^{пл}=\frac{N\_{экспл}tgφ+bc}{E\_{a}^{c}}\geq 1.15$, (1)

где $K^{пл}$ - коэффициент запаса устойчивости при плоском сдвиге; $φ$ и с - соответственно расчетный угол внутреннего трения и сцепление грунта основания. В результате расчётов строится график несущей способности основания τпр = *f*(σ), где τпр - предельное сопротивление грунтов сдвигу. По напряжению σэкспл = *N*экспл / *b*пр в эксплуатационном случае при сейсмической нагрузке определяется соответствующее предельное сдвигающее напряжение τпрэкспл. Коэффициент запаса устойчивости на глубинный сдвиг *К*гл окончательно вычисляется из соотношения

*К*гл = τпрэкспл *b*пр / $E\_{a}^{c}$ ≥1,15. (2)

Расчётами было установлено, что в результате предусмотренных мероприятий по повышению несущей способности основания коэффициент запаса устойчивости подпорной стенки может быть значительно повышен. В докладе особо подчёркивается, что при проектировании основания подпорной стенки не допускается разжижение песчаных грунтов засыпки и подушки в её основании, что приведёт к катастрофической потере несущей способности грунтов основания и устойчивости подпорной стенки как при её устройстве на грунтах естественного основания, так и свайном варианте фундамента. Для выявления условий опасного разжижения водонасыщенных грунтов основания при динамическом воздействии используется соотношение

$∆\_{к} =\frac{τ\_{дин}}{σ\_{стат}}\leq 0.6…0.65.$ (3)

Формула (3) широко используется зарубежными и отечественными учёными для выявления условия разжижения грунтов основания при землетрясении С учётом нагрузок, действующих на подпорную стенку, выражение (3) при проверке устойчивости структуры грунтов основания непосредственно под подошвой подпорной стенки, преобразуется в зависимость

$∆\_{к} =\frac{τ\_{дин}}{σ\_{стат}}\leq \frac{E\_{a}^{c}}{N\_{экспл}},$ (4)

где $N\_{экспл}$ – вертикальная сила при эксплуатационной нагрузке от собственного веса подпорной стенки и грунта засыпки (с учетом взвешивающего действия воды для частей, расположенных ниже уровня воды в акватории) на грунты основания, кН. Аналогичным образом осуществляется проверка устойчивости песчаной засыпки процессу разжижения структуры грунта. Только в этом случае по формуле (4) определяется соотношение между ординатой $e\_{a}^{c}$ бокового давления грунта и воды на единицу объёма грунта и вертикальными напряжениями $σ\left(γ\_{гр}\right)=\left(q+\sum\_{}^{}γ\_{i}y\_{i}\right)$ в скелете грунта на заданной глубине грунта засыпки (с учётом величины полезной нагрузки q на поверхности грунта).