

Техногенная деятельность человечества под землей ведется уже многие тысячелетия. В начале естественные полости использовались по различного назначению. Позже с теми же целями стали использоваться и искусственные подземные сооружения [5]. Типология подземных сооружений в целом сложилась давно на основе исторических объектов. Но этот список открыт и пополняется в последнее время.

Подземные пространства и сейчас используются для размещения жилых, коммерческих и инфраструктурных объектов. Но туда в последнее время перемещаются кинотеатры, музеи, выставки, торговые объекты и др.

Подземные пространства могут служить как защита от природных и техногенных катастроф. Они обладают высокой устойчивостью к землетрясениям, ураганам, наводнениям и другим стихийным бедствиям. Кроме того, подземные строения могут быть использованы для хранения опасных веществ или ядерных отходов.

Список литературы

1 История освоения подземного пространства [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studfile.net/preview/2890485>. – Дата доступа : 17.12.2023.

2 От пещер до домов: история заселения пещер и развитие первых обитателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://nauchniestati.ru/spravka/zaselenie-peshher/>. – Дата доступа : 17.12.2023.

3 Подземные города Каппадокии – Деринкую и Каймаклы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cappadociavisit.com/cappadocia-podzemniy-gorod/>. – Дата доступа : 17.12.2023.

4 Проектирование заглубленных жилищ / Р. Стерлинг [и др.]. – М. : Стройиздат, 1983. – 192 с. ил. – пер. изд.: Earth sheltered housing design / R. Sterling [et al.]. – 1978, 1979.

5 **Слукин, В. М.** Архитектурно-исторические подземные сооружения (типология, функция, генезис) : учеб. для вузов / В. М. Слукин. – Изд-во Уральского ун-та, 1991. – 135 с.

УДК 624.072

РАСЧЕТ УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ И ИХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВАРИАЦИОННО-РАЗНОСТНЫМ МЕТОДОМ. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

К. А. СИРОШ

*Научный руководитель – О. В. Козунова (канд. техн. наук, доцент)
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Теория расчета приведена в [1]. При расчете несущего элемента узла сопряжения (закладной детали узла сопряжения) в нелинейной постановке

предусматривается организация итерационного алгоритма [2], где линейный расчет становится нулевой итерацией (таблица 1).

Вначале решается задача в линейной постановке. При начальном модуле упругости E_0 определяются неизвестные перемещения u_0 и v_0 из условия обращения производных от полной энергии в нуль по каждому из перемещений. По вычисленным значениям перемещений i -й узловой точки с помощью геометрических уравнений и конечноразностных соотношений определяются интенсивность деформаций и интенсивность напряжений в центрах ячеек. Имея значения напряжений и перемещений, полученные в результате решения задачи в первом приближении, определяем касательный модуль деформации для каждой ячейки и задача решается в приближениях. Итерационный процесс заканчивается, как только разница между последующим и предыдущим приближениями будет удовлетворять требуемой точности решения.

Для реализации численного решения написаны компьютерные программы на языке Wolfram Language в системе технических вычислений «Mathematica».

Расчет выполнен для следующих исходных данных: $E_0 = 2 \cdot 10^5$ МПа; $\sigma_{ii} = 240$ МПа; $l = 0,4$ м; $h = 0,2$ м; $\Delta z = 0,01$ м, $\mu_0 = 0,3$; $R = 150$ кН.

Таблица 1 – Результаты линейного расчета (0-я итерация)

Около середины пластины		Около края пластины	
№ ячейки	$\sigma_x^{(i)}$, МПа	№ ячейки	$\sigma_x^{(i)}$, МПа
5	77,90	8	-57,06
13	65,90	16	194,75
21	65,90	24	194,75
29	77,90	32	-57,06

На рисунке 1 показаны эпюры окончательных нормальных напряжений σ_x в двух вертикальных сечениях закладной детали узла сопряжения от сосредоточенной силы R : около середины пластины (в центрах ячеек $j = 5, 13, 21, 29$), около края пластины (в центрах ячеек $j = 8, 16, 24, 32$) (таблица 2).

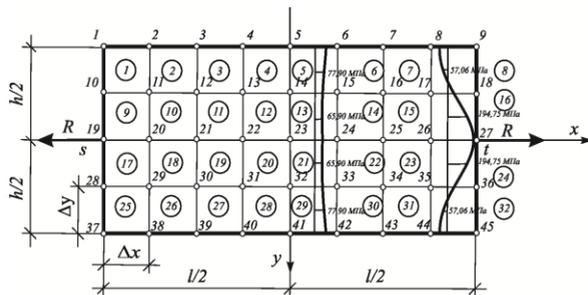


Рисунок 1 – Результат линейного расчета: распределение σ_x в двух вертикальных сечениях закладной детали узла сопряжения

Таблица 2 – Результаты нелинейного расчета

№ ячейки	Линейный расчет (0-я итерация)	Δ_1	1-я итерация	Δ_2	2-я итерация	Δ_3	3-я итерация
МПа							
5	77,90	3,13	81,03	1,85	82,88	0	82,88
13	65,90	3,09	62,81	1,85	60,96	0	60,96
21	65,90	3,09	62,81	1,85	60,96	0	60,96
29	77,90	3,13	81,03	1,85	82,88	0	82,88
<i>Около края пластины</i>							
8	-57,06	0,57	-57,63	0,82	-58,45	0	-58,45
16	194,75	0,55	195,30	0,84	196,14	0	196,14
24	194,75	0,55	195,30	0,84	196,14	0	196,14
32	-57,06	0,57	-57,63	0,82	-58,45	0	-58,45

На третьей итерации наблюдается полное схождение итерационного цикла.

На рисунке 2 показаны эпюры окончательных нормальных напряжений σ_x в двух вертикальных сечениях закладной детали узла сопряжения от сосредоточенной силы R : около середины пластины (в центрах ячеек $j = 5, 13, 21, 29$), около края пластины (в центрах ячеек $j = 8, 16, 24, 32$).

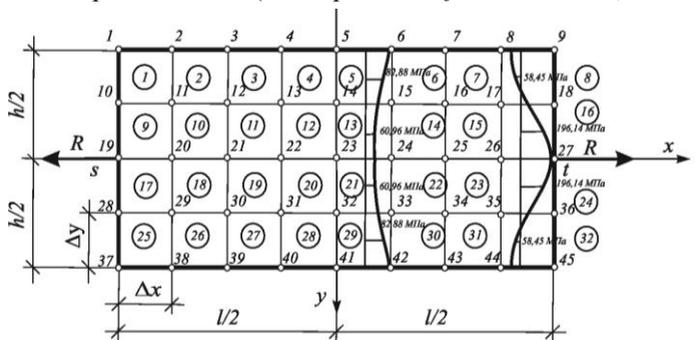


Рисунок 2 – Результат нелинейного расчета (3-я итерация): распределение σ_x в двух вертикальных сечениях закладной детали узла сопряжения

При удалении расчетного сечения от центра закладной пластины более выражена неравномерность изменения нормальных напряжений.

В результате анализа эпюр σ_x около середины пластины на рисунках 1 и 2 выражено существенное увеличение расхождения в значениях напряжений в центрах 5 и 13 ячеек при нулевой и третьей итерации. Знакопеременные эпюры σ_x у края пластинки на рисунках 1 и 2 различаются не столь незначительно, чем удовлетворяют принципу Сен-Венана [3] наличием для второй системы сил нулевой равнодействующей этих сил.

Список литературы

- 1 **Сирош, К. А.** Расчет узлов сопряжения и их несущих элементов вариационно-разностным методом / К. А. Сирош // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа, Гомель, 16–17 ноября 2023 г. : в 2 ч. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель, 2023. – Ч. 2. – С. 40–42.
- 2 **Александров, А. В.** Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высш. шк., 1990. – 400 с.
- 3 **Джанилидзе, Г. Ю.** Принцип Сен-Венана и его использование в теории пластин и оболочек. Расчет пространственных конструкций / Г. Ю. Джанилидзе. – М. : Машиностроение, 1950. – С. 329–342.

УДК 72

ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ПОСЛЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОЛГО-БАЛТИЙСКОГО КАНАЛА

О. В. СУББОТИНА

*Научный руководитель – Н. Ю. Васильев
(канд. искусствоведения, доцент, профессор)*

*Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет,
Российская Федерация*

В последнее время проблема сохранения культурного наследия стоит очень остро. Важно рассматривать храмы не только как религиозные постройки, но также как удивительные памятники архитектуры, которые позволяют нам узнать, как развивалось общество в той местности. Люди всегда были связаны с религией, даже когда это не поддерживалось государством, каждый находил в этом что-то свое. До 1917 года церковь была важным государственным институтом, объединявшим не только духовно, но также являясь доминантой в городе, приходская церковь, как организация, выполняла важнейшие функции ЗАГС. Часто религиозные постройки возводились в центре населенного пункта, иногда существовало негласное правило, запрещавшее строить дома выше колокольни. Таким образом, можно проследить влияние церквей и храмов на внешний облик города. Вокруг церквей стояли большие и маленькие поселения, в домах кипела жизнь, быт и религия также были неразрывно связаны. Благодаря храмам мы можем узнать, какие иконописные школы были в то время, какой стиль преобладал. Даже конструктивное решение здания отличается от региона к региону, это еще одна возможность узнать архитектуру с разных сторон. Богатое убранство церквей и храмов позволяло обычным горожанам, не выезжающим за пределы родного села или города, прикоснуться к красоте.