

$$\sigma_b = \frac{M_{zp} + Ph}{\pi dh(0,13h + 0,25\mu d)} \quad (6)$$

Для розрахунку міцності стиску на основі експериментальних даних були прийняті такі критерії міцності:

$$\sigma_{b,\max} \leq 0,4R_b^* \quad (7)$$

Максимальні напруження в бетоні замоноличення стакана сталевобетонного фундаменту приймаються рівними максимальним напруженням бетону заповнювача у трубобетонних колонах, що підсилені трубою. Величина цих напружень дорівнює R_b^* .

Наведена вище методика розрахунку міцності бетону замоноличення у стакані залізобетонного фундаменту під трубобетонні клони може бути використана в реальному проектуванні.

1. Воскобийник С.П. Узли з'єднання трубобетонних стійок з монолітними залізобетонними ростверками // Зб. наук. праць "Галузеве машинобудування, будівництво" Вип. 5. – Полтава, 2000. – С.170-174.

2. Сторженко Л.І., Воскобийник С.П. Деклараційний патент на винахід (11) 37481 А. Вузол спряження трубобетонної колони з фундаментом // Промислова власність. – 2001. – №4.

Отримано 17.05.2002

УДК 624.154

А.В.ГРИШИН

Одесский государственный морской университет

В.С.ДОРОФЕЕВ, д-р техн. наук

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДВУХ ШТАМПОВ, ЗАГЛУБЛЕННЫХ В УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЕ ОСНОВАНИЕ ПРИ ИХ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Рассматривается связанная динамическая система, состоящая из двух штампов и грунтового массива. Исследуется взаимодействие штампов, один из которых является источником, а другой – приемником волн, передаваемых через грунтовую среду. Учитываются упругопластические свойства материалов системы. Используется теория пластического течения с упрочнением. Результаты исследования представлены в виде эпюр вертикальных и горизонтальных колебаний характерных точек системы.

В обзорной статье [1] было отмечено, что одной из важнейших задач при расчете фундаментов под машины является учет их заглубления и взаимодействия друг с другом в процессе колебаний. Эти условия также необходимо учитывать при строительстве и реконструкции зданий и сооружений, расположенных в пределах влияния генери-

руемых волн от объектов-источников колебаний. В данной работе рассматривается задача о взаимодействии двух штампов, один из которых является фундаментом-источником, а другой – приемником волн, передаваемых через грунтовую среду. Штампы и грунтовый массив образуют связанную нелинейную динамическую систему, в которой используется упругопластическая инерционная модель основания. Методика исследования таких задач разработана в [2], поэтому здесь приведем только основные понятия. Расчетная схема системы показана на рис.1.

Использовались соотношения, полученные из принципа виртуальной работы, которые эквивалентны уравнениям движения и не зависят от уравнений, связывающих напряжения и деформации. Удлинения, сдвиги и углы поворота считались малыми, поэтому при решении задачи применялись линейные уравнения Коши и постулат суммирования приращений упругой и пластической деформации.

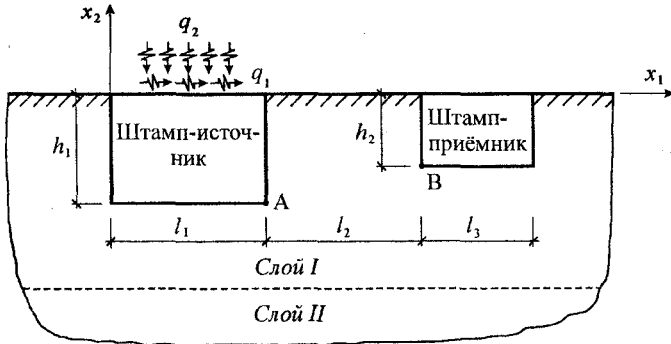


Рис.1 – Расчетная схема системы

Связь между приращениями упругих деформаций и напряжений определялась уравнениями закона Гука, а аналогичная связь между приращениями пластических деформаций и напряжений имела вид дифференциальных неинтегрируемых соотношений, вытекающих из принципа максимума Мизеса [3]. Для грунтовой среды в качестве функции нагружения использовалось условие Кулона - Мора. В результате были получены уравнения состояния, связывающие приращения напряжений с приращениями деформаций как для упругих, так и для упругопластических областей системы.

Полученные исходные уравнения решались прямым шаговым методом, реализованным по неявной модифицированной схеме Ньюмарка [2]. Он включает в себя два основных этапа: 1) дискретизацию ос-

новых уравнений; 2) построение итерационного процесса для определения напряженно-деформированного состояния системы с заданной точностью. Дискретизация уравнений производилась как по времени, так и по области системы. Во втором случае использовались изопараметрические конечные и бесконечные элементы. Это было вызвано необходимостью избежать отражения волн от бесконечных границ грунтового массива. Модификация метода Ньюмарка связана с нелинейностью исходных уравнений. Во-первых, в этом случае необходимо строить дополнительный итерационный процесс для уменьшения невязки в уравнениях движения. Во-вторых, вследствие приближенного решения, вектор полных напряжений может выходить за пределы области, ограниченной функцией нагружения, что недопустимо для упругопластических задач. Поэтому строилась дополнительная процедура для его возвращения в эту область.

Для численной реализации предложенной методики был разработан программный комплекс в системе Delphi, который позволяет производить совместный расчет всех элементов системы от статических и динамических воздействий. Его описание дано в [2].

Рассмотрим численное решение поставленной задачи при следующих исходных данных: $h_1=h_2=4$ м; $l_1=l_3=3$ м; $l_2=4$ м. Основание принимается двухслойным. Характеристики первого слоя: $E_1=30$ МПа; $\mu_1=0,4$; $c_1=0,003$ МПа; $\varphi_1=28^\circ$. Для второго слоя: $E_2=60$ МПа; $\mu_2=0,4$; $c_2=0,004$ МПа; $\varphi_2=30^\circ$. Длина временного шага $\Delta t=0,01$ сек., их количество – 300. Время действия импульсной нагрузки $t_q=1$ с. Длина временного отрезка $[0, T]$, на котором наблюдаются колебания точек системы, равна 3 с.

Вначале рассмотрим действие вертикальной нагрузки q_2 интенсивностью 0,02 МПа. На рис.2 и рис.3 приведены эпюры изменения во времени вертикальных перемещений соответственно точки А и В, показанных на рис.1. Из эпюр отчетливо видно, что реакция системы разделяется на две фазы: нагружения от 0 до $t_q=1$ с и свободных колебаний от t_q до $T=3$ с. Наибольшие амплитуды колебаний наблюдаются на первой фазе при $t \approx 0,4$ с, затем при t_q происходит скачок перемещений и далее идут свободные затухающие колебания с периодом 0,8 с. Если для точки А штампа-источника максимальная амплитуда колебаний составляет 0,5336 см, то для точки В штампа-приемника, расположенной на расстоянии 400 см от А – она равна 0,2096 см, т.е. уменьшилась в 2,55 раза. Расчеты показывают, что штамп-приемник совершает и горизонтальные колебания. Так, для точки В максимальная амплитуда таких колебаний равна 0,054 см. Следует также отме-

тить, что колебания точек А и В в обоих случаях происходят почти синхронно.

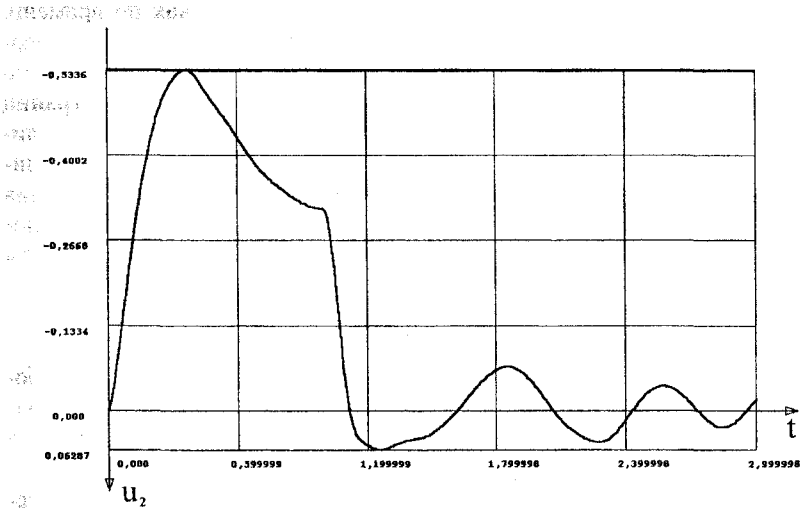


Рис. 2 – Эюра вертикальных колебаний точки А от действия нагрузки q_2 (в см)

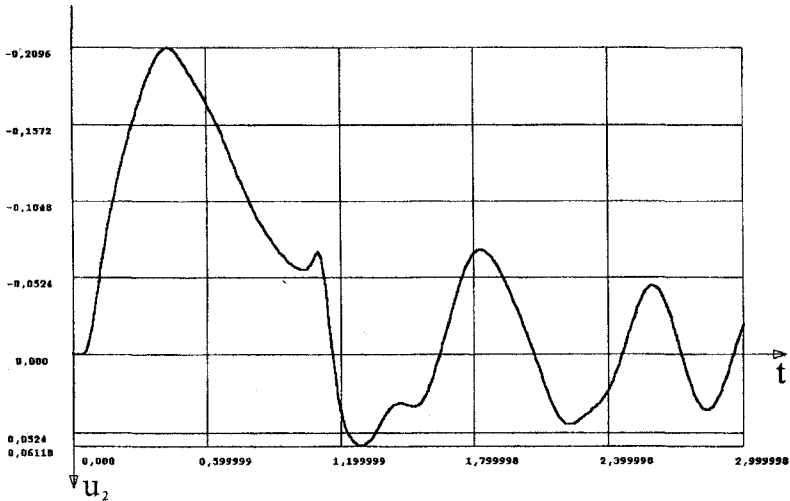


Рис. 3 – Эюра вертикальных колебаний точки В от действия нагрузки q_2 (в см)

На рис.4 и рис.5 показаны эюры изменения во времени горизонтальных перемещений тех же точек А и В, но при действии горизон-

тальной импульсной нагрузки интенсивностью $q_1=0,02$ МПа. Здесь наблюдается такая же картина, что и в предыдущем случае. Происходит разделение колебаний на две фазы, наибольшие амплитуды находятся на первой фазе и при $t=0,6$ с соответственно равны 0,553 см и 0,4597 см (уменьшение только в 1,2 раза), колебания почти синхронны. Отсюда видно, что затухание горизонтальных колебаний от точки А до точки В происходит в два раза медленнее, чем вертикальных. От горизонтальных нагрузок также возникают вертикальные колебания. Так, максимальная амплитуда этих колебаний для точки В равна 0,162 см.

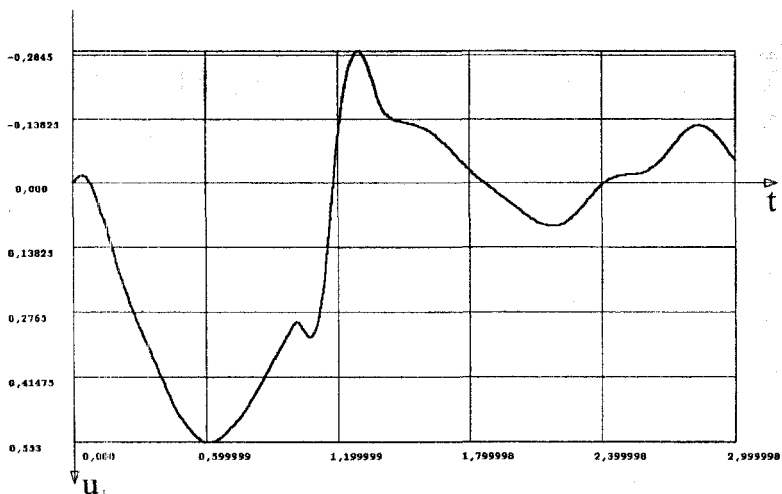


Рис. 4. Эпюра горизонтальных колебаний точки А от действия нагрузки q_1 (в см)

Был рассмотрен случай действия на штамп-источник вертикальной гармонической нагрузки $q_2 = a \sin \omega t$ при $a=0,02$ МПа, $\omega=60$ 1/с. На рис.6 и рис.7 приведены эпюры изменения во времени вертикальных перемещений соответственно точек А и В от этой нагрузки на отрезке времени от 0 до $T=3$ с. В обоих случаях почти сразу же после приложения нагрузки наблюдается всплеск колебаний, а затем наступает их стабилизация. Частота колебаний рассматриваемых точек почти одинаковая, но смещенная во времени на 0,06 с. Амплитуда колебаний в стабилизированном состоянии для точки А больше в 3 раза, чем для точки В. В этом случае происходят также горизонтальные колебания штампов. Так, для точки В их амплитуда равна 0,011 см.

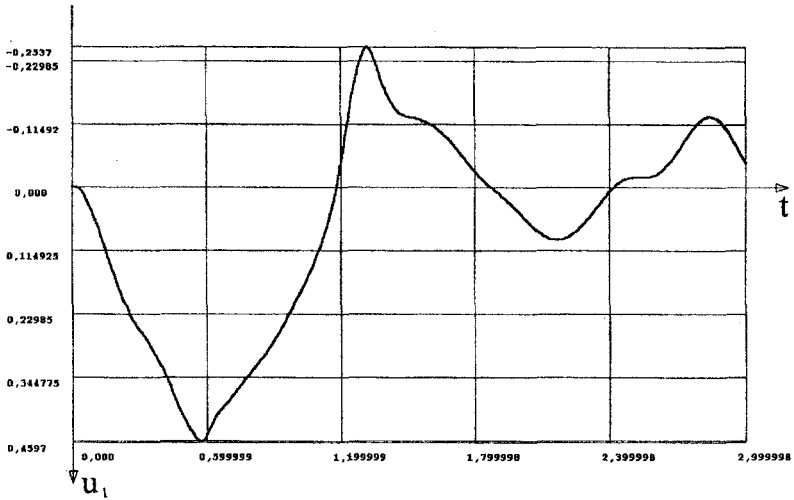


Рис. 5 – Эпюра горизонтальных колебаний точки В от действия нагрузки q_1 (в см)

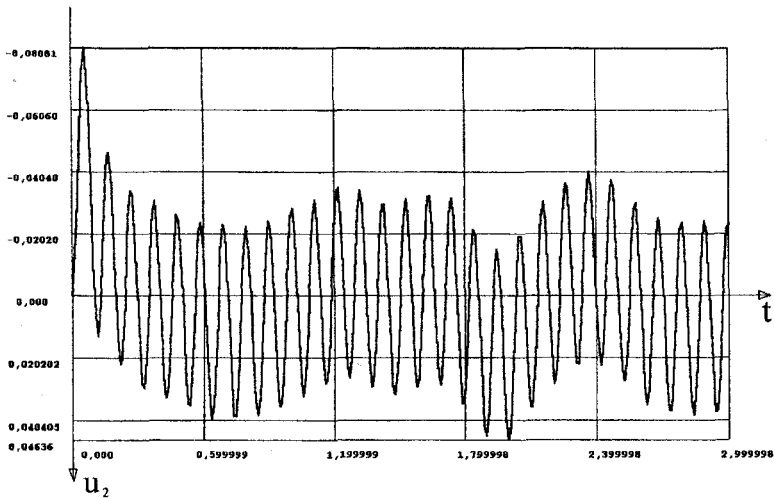


Рис. 6 – Эпюра вертикальных колебаний точки А от действия вертикальной гармонической нагрузки

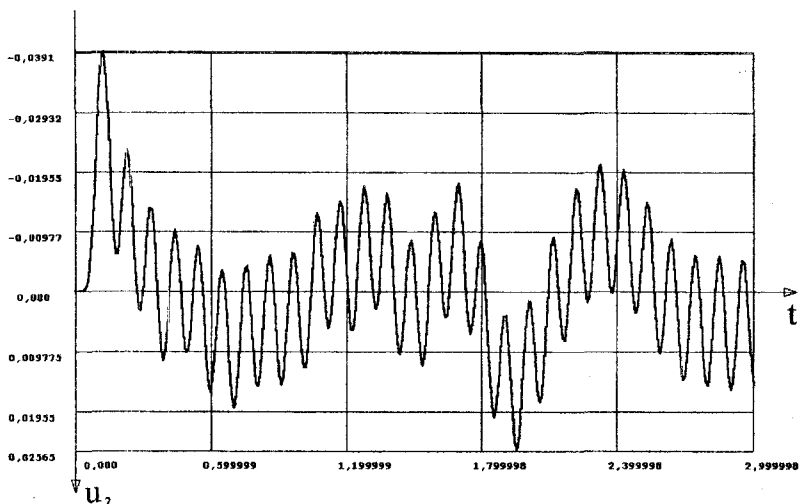


Рис. 7 – Эпюра вертикальных колебаний точки В от действия вертикальной гармонической нагрузки

В заключение отметим, что предлагаемая модель системы позволяет определять колебания не только тех ее элементов, к которым приложена динамическая нагрузка, но и учитывать волновые процессы, возникающие в любой ее точке. При этом учитываются упругие и пластические свойства грунтовой среды. Программный комплекс дает возможность численно реализовать разработанную методику расчета.

1. Забылин М.И. Проблемы совершенствования динамических расчетов фундаментов под машины // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1990. – №10. – С.35-40.

2. Гришин А.В., Дорофеев В.С. Нелинейная динамика конструкций, взаимодействующих с деформируемой средой. – Одесса, Астропринт, 2001. – 136 с.

3. Ивлев Д.Д., Быковцев Г.И. Теория упрочняющегося пластического тела. – М.: Наука, 1971. – 231 с.

Получено 17.05.2002