

*Лях Владимир Николаевич, инженер, РУП «Институт БелНИИС»,
г. Минск, Беларусь*

***Фундаменты на насыпных основаниях комплекса зданий
ледового дворца в г. Барановичи***

***Foundation based on filled-up grounds of building complex of the icy
palace in baranovichi***

В статье приведено принципиальное техническое решение устройства фундаментов на насыпных основаниях мощностью 5-7 м в сложных инженерно-геологических условиях при строительстве комплекса зданий Ледового дворца в г. Барановичи.

This article shows principally technical solution of the foundations on filled-up grounds with the capability about 5-7 m in close geotechnic conditions during constructing the Icy Palace in Baranovichi.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗДАНИЙ

Комплекс зданий Ледового дворца в г. Барановичи состоит из ряда сооружений, основными из которых являются:

- здание Ледового дворца на 2000 мест (I пусковой комплекс);
- здание Специализированного зала акробатики на 360 мест (II пусковой комплекс);
- здания котельной, очистных сооружений дождевых вод, резервуаров дизельного топлива и сливного устройства (I пусковой комплекс).

Ледовый дворец запроектирован из металлического каркаса с пролетом над ледовым полем равным 54 м. Размеры в плане 111x72 м.

Специализированный зал акробатики также выполнен в металлоконструкциях и имеет пролет равный 36 м. Размеры в плане 48x48,6 м.

Здание котельной представляет собой сооружение с продольными несущими стенами из штучных материалов. Размеры в плане 9x12 м.

Нагрузки на фундаменты находятся в пределах – для вертикальной составляющей: 150–1950 кН, для горизонтальной составляющей: 5–55 кН и для момента: 2–105 кН.

2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Площадка изысканий располагается в северной части г. Барановичи на полях фильтрации ТЭЦ и территории примыкающей к ним. Поля фильтрации разделены дамбами на карты, куда более 50 лет сбрасывалась пульпа с отходами производства ТЭЦ (песок, зола, шлаки, торфокрошка, известь).

В геоморфологическом отношении территория приурочена к флювиогляциальной равнине, осложненной древней ложбиной стока, которая прослеживается с востока на запад. Ширина ложбины стока в пределах площадки изысканий 300–400 м.

Естественный рельеф территории изменен в результате строительства дамб, полей фильтрации и многолетнего складирования отходов ТЭЦ. Условия поверхностного стока в целом по площадке затруднены.

Значительная часть территории может затапливаться поверхностными водами и заболачиваться: ледовое поле, участки благоустройства.

Для площадки характерно чередование глинистых и песчаных грунтов, залегающих под техногенными образованиями.

Верхняя часть разреза озерно-аллювиальных отложений представлена суглинками и супесями, иногда с примесью и следами органического вещества, залегающими до глубины 0,4–4,9 м, мощность 0,4–3,2 м. Суглинки слабозаторфованные вскрыты на глубине 2,2–2,5 м.

Под супесями и суглинками залегают пески пылеватые, мелкие, средние, редко крупные. Мощность песков 0,8–5,5 м. Преобладают пески пылеватые и мелкие, редко с прослойками супеси.

Под песками на глубине 3,9–6,0 м залегают супеси и суглинки, суглинки с примесью органического вещества, мощность 0,5–3,9 м. В суглинках с примесью органического вещества встречаются линзы песка мелкого и среднего мощностью 0,5–1,4 м.

В нижней части разреза на глубине 7,4–10,0 м вскрыты мергели, иногда глинистые, с содержанием растительных остатков, слабозаторфованные. Мощность слоя карбонатно-глинистых грунтов 0,7–3,5 м.

Гидрогеологические условия площадки достаточно сложные и определяются неоднородностью геолого-литологического разреза, распространением грунтов с различными фильтрационными свой-

ствами, наличием насыпей (дамб), карт, заполненных, преимущественно, обводненными отходами ТЭЦ.

Грунтовые воды озерно-аллювиальных отложений и техногенных образований вскрываются на глубине 0,1–4,8 м. Водовмещающие грунты: пески пылеватые, мелкие, средние, редко крупные, прослойки песков в глинистых насыпных грунтах, насыпные песчаные грунты, заторфованные грунты, прослойки (от 2–3 мм до 10–20 см) и линзы (0,4–1,5 м) песков в глинистых и карбонатно-глинистых грунтах.

Питание грунтовых вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и поступления водонасыщенной пульпы на поля фильтрации по трубопроводам от ТЭЦ.

3. ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ

Архитектурным проектом УП «Белпроект» была предусмотрена подсыпка территории под Ледовый Дворец. Высота отсыпаемого слоя – до 4,0 м с уплотнением до состояния средней плотности.

Фундаменты были приняты свайными с монолитными железобетонными ростверками. Сваи длиной от 5–7 м до 10–12 м.

В этой связи при рассмотрении архитектурного проекта Ледового Дворца у экспертов Белгосэкспертизы возник ряд сомнений, касающихся как надежности свайного варианта, так и целесообразности применения забивных свай.

Это, прежде всего, связано с необходимостью защиты забивных свай от агрессивного воздействия некоторых грунтов, слагающих строительную площадку, как по отношению к бетону, так и по отношению к арматуре. А таких дешевых и надежных методов защиты на сегодняшний день не существует.

Здесь следует добавить, что, в данном случае, применение варианта забивных свай недостаточно эффективно. Это объясняется тем, что в условиях наличия достаточно прочного перекрывающего слоя (мощностью до 3-4 м) из уплотненных насыпных грунтов, наличия прочных прослоев грунтов естественного сложения чередующихся с прослоями слабых водонасыщенных грунтов применение забивных свай может привести:

– к технической сложности погружения свай из-за трудности прорезки прочных слоев и демпфирующего эффекта от слабых водонасыщенных прослоев грунта;

– как следствие к недобиву свай или резкому удорожанию стоимости работ (лидерные скважины и т.п.);

– неопределенности реальной несущей способности и осадок свай как в связи с возможностью их недобива, так и с возможностью развития отрицательного трения по их боковой поверхности, вследствие возможной осадки окружающего сваи прочного перекрывающего слоя (уплотненных насыпных грунтов) из-за деформирования слабых подстилающих.

В этой связи генеральная проектная организация (УП «Белпромпроект») обратилась к автору для быстрого решения проблемы.

После всестороннего анализа ситуации было рекомендовано поднять отметку 0.000 на 1,0 м и увеличить толщину уплотненного песчаного основания до 5–7 м с устройством монолитных столбчатых фундаментов под колонны для Ледового дворца и зала акробатики и сборных ленточных фундаментов под котельную.

Основные характеристики технического решения фундаментов следующие:

1. Давление по подошве фундаментов не более 0,28 МПа, оптимально – 0,25–0,27 МПа.

2. Глубина заложения фундаментов – не более 2,5 м, оптимально – 1,8–2,3 м.

3. Толщина уплотненной песчаной подушки под подошвой фундаментов – не менее 2,5 м, оптимально – 2,5–3,0 м.

4. Насыпной грунт уплотненной песчаной подушки – песчаный грунт, состоящий из песка крупного, среднего, мелкого (согласно СТБ 943-93) или их смеси без глинистых частиц (масса частиц менее 0,1 мм не должна превышать 10%).

5. Оптимальная отметка 0.000 составляет 190.700.

Характеристики уплотненных песчаных грунтов под фундаментами на всю их глубину должны быть не менее: $\gamma = 17,4 \text{ кН/м}^3$, $c = 1 \text{ кПа}$, $\varphi = 34^\circ$, $E = 20 \text{ МПа}$.

Под подошвой фундаментов устраивается уплотненная щебеночная подготовка толщиной 0,1–0,15 м.

Выполнение указанных условий обеспечивает надежную эксплуатацию фундаментов. В таблице приведены результаты расчетов оснований по деформациям.

Все это позволило УП «Белпромпроект» быстро и в срок выдать проектное решение фундаментов (ГИП – А.Н. Гаيدا, гл. конструктор – Л.А. Аускерн, начальник АСО-1 – В.С. Баринов).

Таблица

Результаты расчета деформаций оснований

Расположение точек расчета осадок	Значение расчетной осадки фундамента, мм		Предельно-допустимое значение осадки S_u , мм	Предельно-допустимое значение неравномерности осадок, $(\Delta S/L)_u$
	абсолютное значение осадки, S	разность осадок, $\Delta S/L$		
1-й пусковой комплекс: инженерно-геологические разрезы I-I' (скв.38-44), II-II' (скв.45, 79-103), III-III' (скв.80-86), IV-IV' (скв.81-87), V-V' (скв.60-62), VI-VI', VII-VII', XII-XII', XIII-XIII', XIV-XIV', XV-XV', XVI-XVI', XVII-XVII', XIX-XIX', XX-XX', XXI-XXI'	15–35	0,0033	120	0,004
2-й пусковой комплекс: инженерно-геологические разрезы I-I' (скв.34-38), II-II' (скв.69-70, 73, 76, 79), III-III' (скв.68, 71, 74, 77, 80), IV-IV' (скв.67, 72, 75, 78, 81), V-V' (скв.63-66), VIII-VIII', IX-IX', X-X', XI-XI', XII-XII'	10–28	0,0030	120	0,004

Примечания. 1. При давлении по подошве проектируемых фундаментов $P_0 = 0,3-0,4$ МПа, абсолютное значение осадок будет составлять 40–60 мм, а неравномерность осадок может превысить допустимые пределы.

2. При толщине уплотненного слоя под подошвой фундаментов менее 2,0 м осадки возрастают на 15–25% по сравнению с осадками при толщине уплотненного слоя более 2,5 м.

3. При толщине уплотненного слоя грунта под подошвой фундаментов более 2,5 м повсеместно выполняется требование строительных норм по проверке по слабому подстилающему слою.

4. МОНИТОРИНГ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ

В процессе отсыпки и уплотнения насыпного основания осуществлялся постоянный мониторинг в виде оперативного послойного контроля качества уплотнения отсыпаемых грунтов. Всего было выполнено около 200 точек динамического зондирования легкими забивными зондами и 15 испытаний штампом площадью 2500 см^2 (рис. 1), которые производились как согласно действующим нормативно-техническим документам [1–5 и др.], так и используя собственный опыт БелНИИС [6].

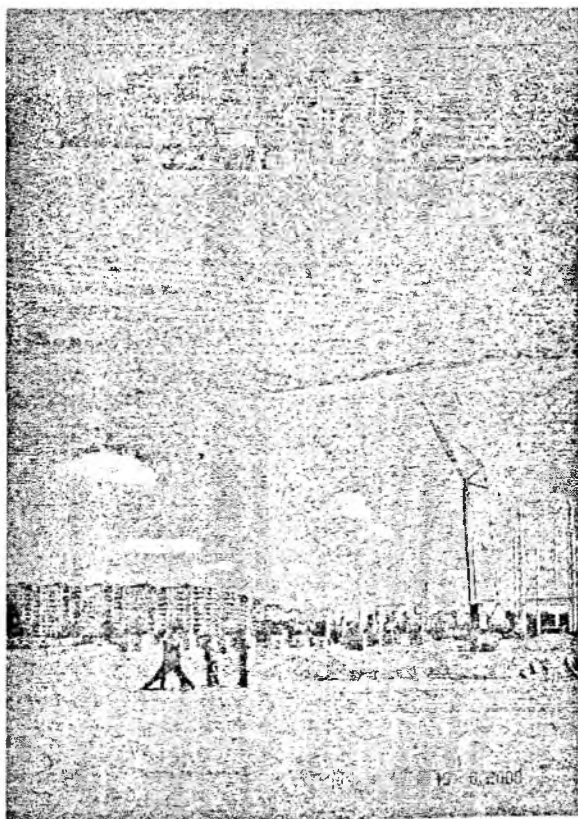


Рис. 1. Оперативный контроль качества уплотнения насыпных оснований

5. ВЫВОДЫ

Возведение фундаментов на насыпных основаниях большой мощности завершено, что дало возможность вести строительство Ледового дворца в установленные сроки согласно графика строительства. На рис. 2–5 показаны наиболее характерные этапы возведения фундаментов комплекса зданий Ледового дворца в г. Барановичи.

Общий объем вертикальной планировки составляет 240 тыс. м³, из них насыпного основания под фундаментами – около 100 тыс. м³.

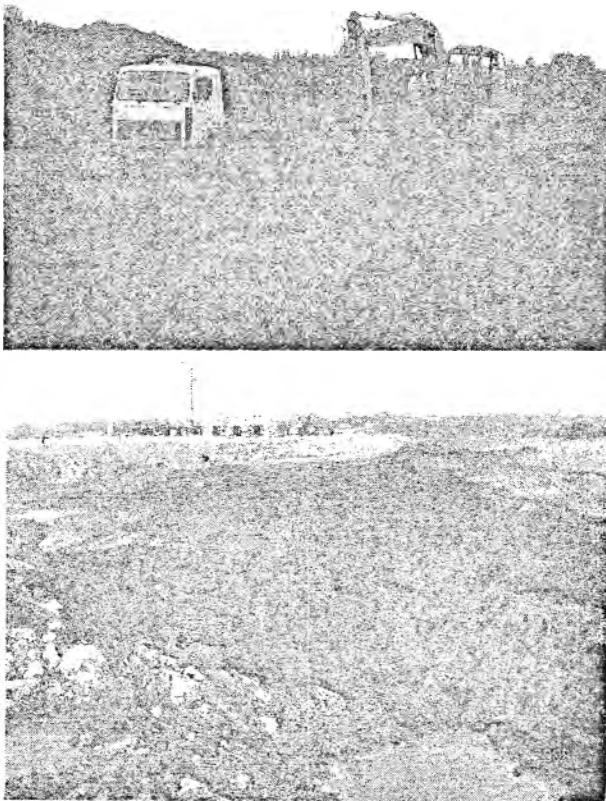


Рис. 2. Локальное удаление техногенных отложений и начало строительства

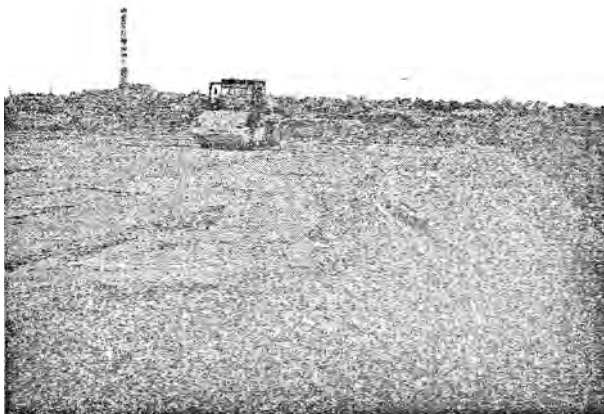
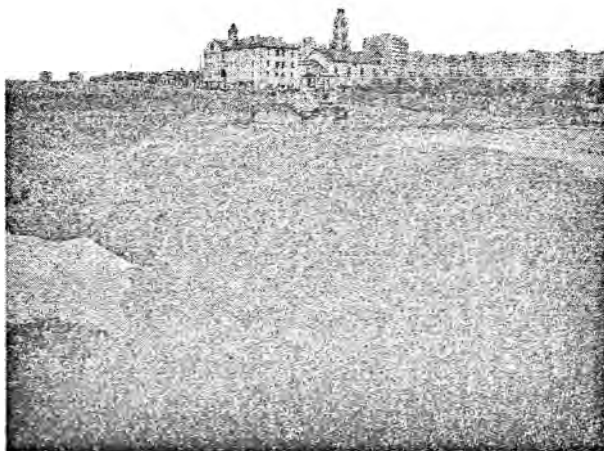


Рис. 3. Отсыпка и послыное уплотнение насыпного песчаного основания

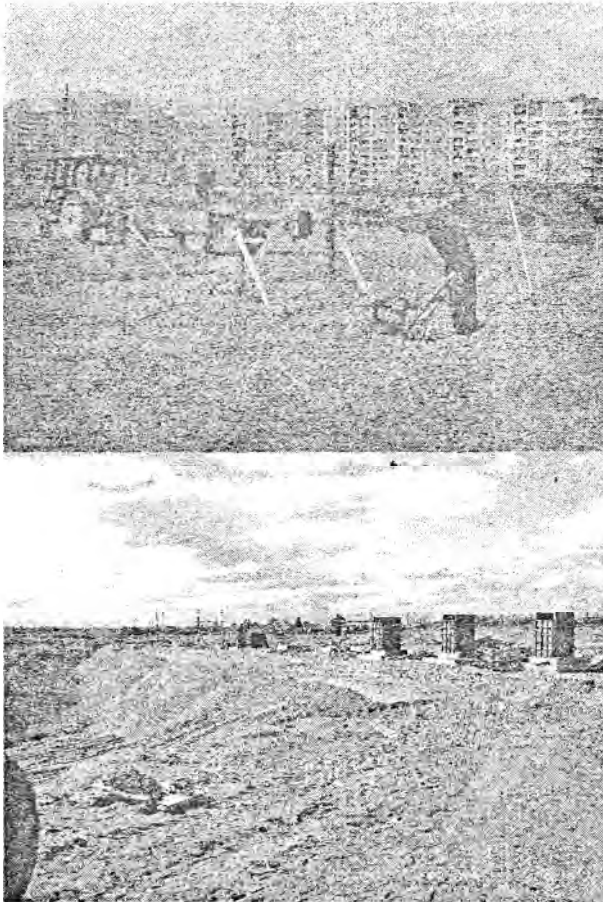


Рис. 4. Возведение монолитных столбчатых фундаментов

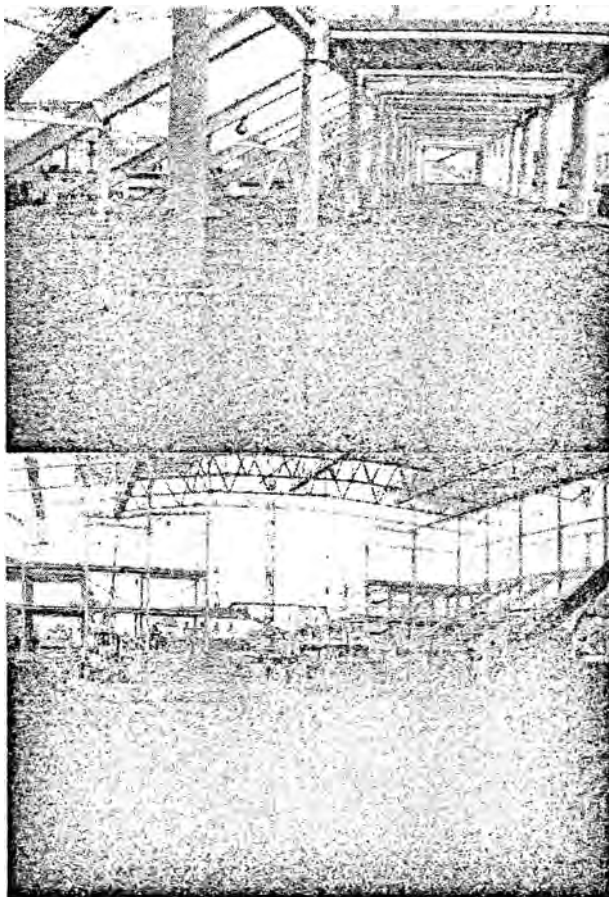


Рис. 5. Обратная засыпка фундаментов и возведение каркаса здания

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТБ 1241-2000. Зонд забивной. Технические условия.
2. П12-2000 к СНБ 5.01.01-99. Контроль степени уплотнения грунтов при возведении земляных сооружений.

3. П5-2000 к СНБ 5.01.01-99. Проектирование и устройство оснований из насыпных, малопрочных и слабых грунтов, уплотненных вибродинамическим методом.

4. ТКП 45-5.01-17-2006 (02250). Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным динамического зондирования.

5. ГОСТ 20276-99. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.

6. Сеськов, В.Е. Технология уплотнения грунтов оснований зданий и сооружений вибродинамическими методами / В.Е. Сеськов, В.Н. Лях. – Минск: БелНИИС, 1997. – 61 с.