

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТАНЦИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА «ПРОСПЕКТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»

Задачей натурных исследований являлось наблюдение за процессами разжатия в торцах железобетонных ригелей и формирования напряженно-деформированного состояния железобетонных и стальных колонн.

Измерения проводились с помощью струнных датчиков линейных деформаций (ПЛДС-400) и переносного цифрового периодомера (ПЦП-1). Длительные натурные наблюдения (14 лет) за развитием напряженно-деформированного состояния колонно-прогонного комплекса проводились на станции колонного типа глубокого заложения.

В результате анализа полученных данных мы пришли к выводу, что применяемый метод разжатия ригелей домкратами Фрейсине не приводит к переходу их балочной двухконсольной работы в одношарнирную арочную. Выявлены закономерности и оценено влияние технологических процессов (разработка верхнего свода, ядра и обратного свода) на формирование напряженно-деформированного состояния колонно-прогонного комплекса.

Последний замер, сделанный в конце 2001 г., показал, что процесс развития напряжений и деформаций во времени продолжается и по сей день.

Problem of field observation was suveid for processes unclench in torahs ferroconcrete summer and shaping is tense-deformed condition ferroconcrete and steel pillars.

Measurements were conducted with means of single-line deformation string sensors (PLDS-400) and portable digital frequency sampler (PCP-1). Long in-situ measurements (14 years) for the development are tense-deformed condition the pillar-summer complex were conducted on station of thump type, deep a pawning.

As a result of analysis data received we come to a conclusion, that applicable method unclench of summer with jacks Freysine does not bring about transition their beam two-console work in single hinge arched. Reveal regularities and values of technological processes influence (upper coving development, kernels and inverse coving) on shaping is tense-deformed condition a pillar-summer complex.

Process of voltages development and deformation during lasts and on today, that has show last sample, made at the end 2001 year.

При строительстве станций метрополитенов технология строительства в значительной мере влияет на развитие напряженно-деформированного состояния системы обделка – грунтовый массив. Выявление характера этого влияния и изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) обделки станций в горно-геологических условиях Санкт-Петербургского метрополитена является важнейшей задачей.

Станция метрополитена «Проспект Просвещения», на которой проведены натурные наблюдения за развитием НДС ее элементов, сооружалась в плотных протерозойских глинах и представляет собой широко применяемую в инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга трехсводчатую конструкцию колонного типа из сборного железобетона. Своды опираются на два колонно-прогонных комплекса, со-

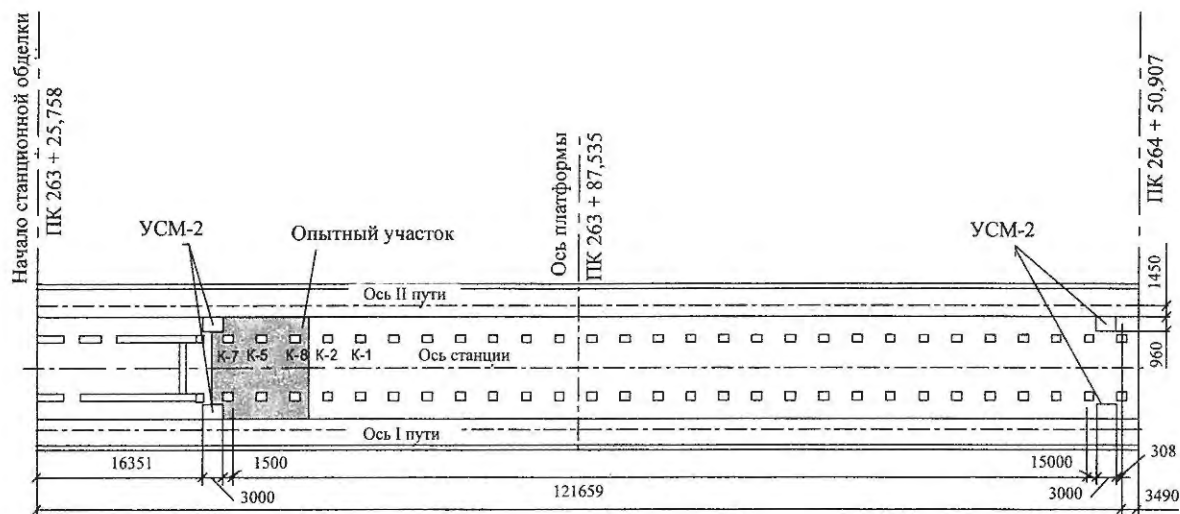


Рис.1 План станции и размещение опытного участка

стоящих из стальных двухконсольных ригелей коробчатого поперечного сечения с криволинейным нижним поясом, стальных колонн коробчатого сечения с опорным стальным башмаком и нижнего прогона из монолитного железобетона.

В торцевой части станции возведен опытный участок конструкции, включающий пять пар ригелей и колонн, выполненных из сборного железобетона; остальные элементы конструкции типовые.

Между ригелями установлены специальные распорные блоки, оснащенные домкратами Фрейсине. Цель установки — создание усилия предварительного обжатия ригелей в продольном направлении, позволяющего в ходе загрузки обеспечить их статическую работу как работу одношарнирных арок, образуемых смежными консолями соседних ригелей, взамен первоначальной схемы их работы как двухконсольной балки.

Исследования проводились в условиях строящейся станции на ее опытном и дополнительно на типовом участке, а также в процессе эксплуатации (в течение 12 лет после завершения строительства). На опытном участке, примыкающем к торцевой стене станции, измерительными приборами были оснащены три верхних железобетонных ригеля (Р-6, Р-7 и Р-8) и три железобетонные колонны (К-8, К-5 и К-7) по левому стационному тоннелю (рис.1). Накладные

струнные датчики были установлены на верхнем стальном опорном поясе железобетонных ригелей.

На типовом участке станции, примыкающем к опытному, по левому стационному тоннелю две стальные колонны были оснащены дополнительно накладными струнными датчиками, установленными вертикально в среднем сечении колонны по одному на двух ее гранях (вдоль станции).

Измеряемым параметром струнного датчика линейных деформаций (ПЛДС-400) является период колебаний струны в микросекундах. Для измерений применялся переносной цифровой периодомер ПЦП-1.

Наблюдения, проведенные в течение 14 лет, позволили выявить характер развития относительных деформаций, нормальных тангенциальных напряжений и нормальных сил в колонно-прогонном комплексе. Отмечен непрерывный рост относительных деформаций, нормальных тангенциальных напряжений и нормальных сил на контакте с массивом в течение всего исследуемого периода.

При разработке верхнего свода в железобетонных колоннах в течение полутора месяцев происходит резкий рост деформаций, достигающий в среднем $36 \cdot 10^{-5}$ отн. ед. Далее, в течение семи дней наблюдается снижение деформаций в среднем на $3 \cdot 10^{-5}$ отн. ед., что вызвано началом разработки обратного свода (рис.2).

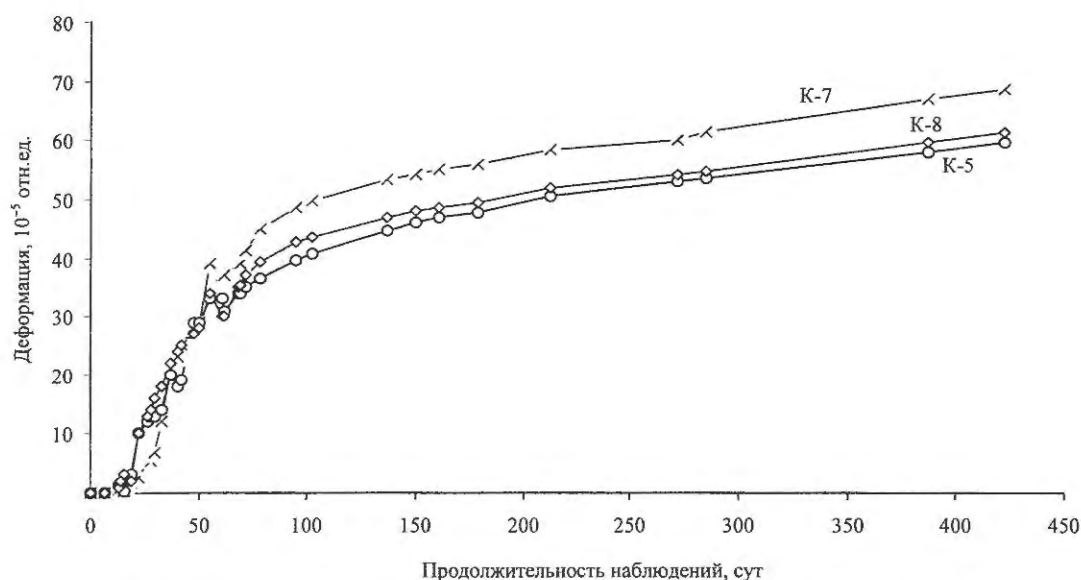


Рис.2. График развития деформаций в железобетонных колоннах в первый период

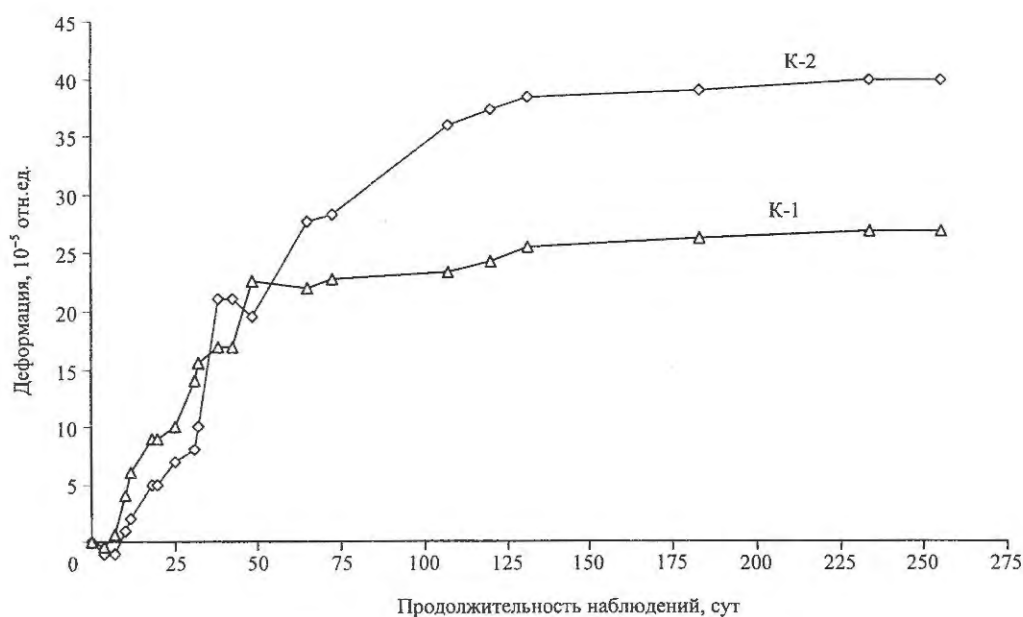


Рис.3. График развития деформаций в стальных колоннах

Аналогичные процессы происходят и на типовом участке, где влияние определенных технологических операций на деформации колонн меняется во времени по длине станции. Те изменения деформаций, которые испытала колонна К-2 (уменьшение деформаций на $1,5 \cdot 10^{-5}$ отн. ед.), К-1 испытает через 10 дней (снижение напряжений на $0,5 \cdot 10^{-5}$ отн. ед.). Однако изменения в течение 17 дней не могут дать объективной картины снижения деформаций (рис.3).

В результате длительных наблюдений за напряженно-деформированным состоянием конструктивных элементов станции в 2001 г. установлена средняя месячная скорость роста деформаций в железобетонных колоннах, равная $0,14 \cdot 10^{-5}$ отн. ед. Величина деформаций составила $117,39 \cdot 10^{-5}$ отн. ед. в К-7 и $101 \cdot 10^{-5}$ отн. ед. в К-5. Замеры по К-8 в этот период сделаны не были, так как произошел обрыв датчиков (по состоянию на 21.10.88 величина деформаций $59,9 \cdot 10^{-5}$ отн. ед.).

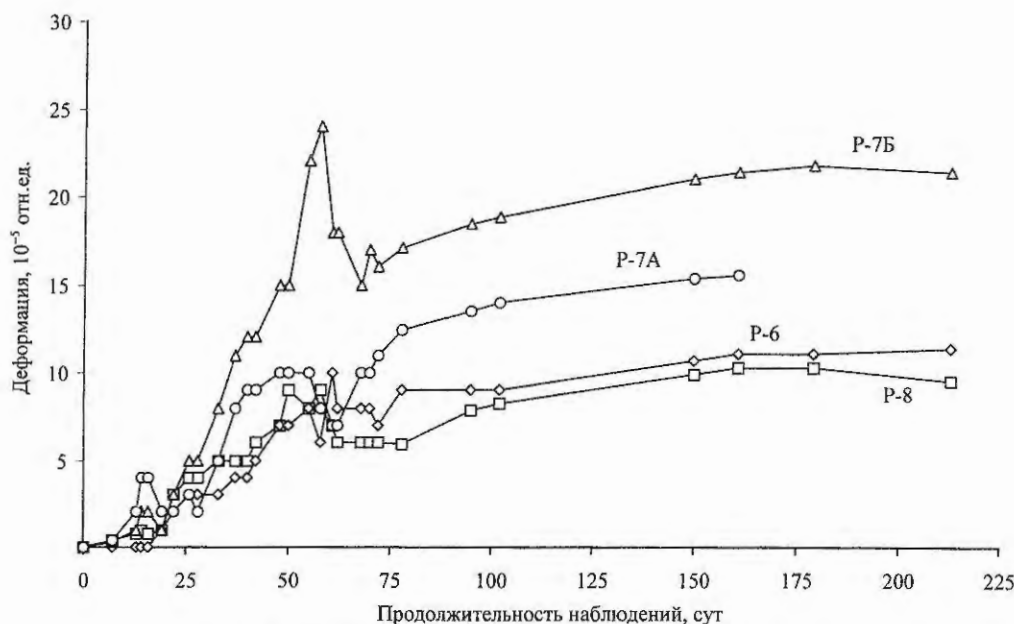


Рис.4. График развития деформаций в железобетонных ригелях

Средняя месячная скорость роста деформаций в стальных колоннах К-2 и К-1 составила соответственно $0,05 \cdot 10^{-5}$ и $0,11 \cdot 10^{-5}$ отн. ед. (данные 1990 г.).

Рассмотрим распределение деформаций в железобетонных ригелях (рис.4). При разработке верхнего свода до полуколыца 57 и ядра до полуколыца 11 в течение месяца деформации в ригелях возрастают неравномерно (отн. ед.): $15 \cdot 10^{-5}$ в Р-8, $10 \cdot 10^{-5}$ в Р-7А, $9 \cdot 10^{-5}$ в Р-7Б и $7 \cdot 10^{-5}$ в Р-6. К моменту установки шестого полуколыца обратного свода деформации в ригелях достигли максимума, отн. ед.: $24 \cdot 10^{-5}$ в Р-8, $10 \cdot 10^{-5}$ в Р-7А, $9 \cdot 10^{-5}$ в Р-7Б и $8 \cdot 10^{-5}$ в Р-6. Дальнейшее влияние обратного свода (в течение приблизительно 10 дней) привело к снижению деформаций в ригелях приблизительно на треть.

Разжатие ригелей привело к увеличению деформаций на $4 \cdot 10^{-5}$ (Р-6) и $2 \cdot 10^{-5}$ (Р-8) отн. ед. Далее в течение суток деформации снизились на $2 \cdot 10^{-5}$ (Р-6) и $1 \cdot 10^{-5}$ (Р-8) отн. ед. В ригеле Р-7 изменение деформаций в результате разжатия не наблюдалось. Таким образом, переход консольной работы ригелей в арочную не произошел.

В результате исследований развития напряженно-деформированного состояния кон-

структивных элементов станции в 2001 г. установлено, что средняя скорость роста деформаций в железобетонных ригелях достигает $0,04 \cdot 10^{-5}$ отн. ед. Характер распределения деформаций на верхнем стальном опорном поясе железобетонных ригелей аналогичен распределению деформаций в железобетонных ригелях. На конец измерений деформации составили в среднем примерно $30 \cdot 10^{-5}$ отн. ед.

Длительное изучение развития НДС конструктивных элементов станции показало, что оно не стабилизировалось, в связи с чем становится очевидной необходимость дальнейших наблюдений. Разжатие ригелей домкратами Фрейсине с усилием 500 кН не привело к переходу их консольной работы в арочную.

В ходе наблюдений выявлено влияние технологических процессов при проходке среднего тоннеля на формирование НДС колонно-прогонных комплексов. При разработке верхнего свода происходит активный рост деформаций с незначительным их снижением в момент нахождения забоя на исследуемом колонно-прогонном комплексе. Рост деформаций продолжается после установки полуколец верхнего свода и ввода их в работу с массивом. Еще одно снижение деформаций наблюдается при прохождении забоя обратного свода в пределах колонно-прогонного комплекса.

Научный руководитель д.т.н. проф. А.Г.Протосеня