УДК 622.831.312

П.А.ДЕМЕНКОВ
Факультет освоения подземного пространства,
аспирант кафедры строительства горных предприятий
и подземных сооружений

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ НАГРУЗКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КОЛОННОЙ СТАНЦИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА «КОМЕНДАНТСКИЙ ПРОСПЕКТ»

Технология строительства станций метрополитенов в значительной мере влияет на развитие напряженно-деформированного состояния (НДС) системы обделка – грунтовый массив. На выявление характера этого влияния и изменения напряженно-деформированного состояния колонно-прогонных комплексов станции в горно-геологических условиях Санкт-Петербургского метрополитена и направлена эта работа.

Натурные исследования проводились на строящейся станции колонного типа «Комендантский проспект» в течение 7 месяцев. Измерения проводились с помощью струнных датчиков линейных деформаций и переносного цифрового периодомера.

Выявлены закономерности и оценено влияние технологических процессов (разработка верхнего свода, ядра, обратного свода и разборка тюбингов временного заполнения) на формирование напряженно-деформированного состояния колонно-прогонных комплексов.

Technology of metro station constructing significantly effects the tense-deformed condition development of liner-ground solid system. To reveal the character and changes in tense-deformed condition pillar-summer station complexes in mining and geological conditions of Saint-Petersburg metro.

Field testing were carried out at presently constructed thump type station «Comendantsky Prospect» during 7 months. Measurements were conducted with means of single-line deformation string sensors and portable digital frequency sampler.

Technological processes regularities influence and their values (upper, inverse coving and kernels development and demount of temporary infilling liner plate) on shaping of a pillar-summer complexes tense-deformed condition were revealed.

Станция метрополитена «Комендантский проспект» сооружается 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, состоящих 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.

На трех участках станции было установлено 24 струнных датчика линейных деформаций ПЛДС-400. Датчики приваривались вертикально в среднем сечении колонны по одному на каждой ее грани (рис.1). Наряду с датчиками линейных деформаций ПЛДС-400, колонны также оснащались мерными базами. Измеряемым параметром струнного датчика линейных деформаций (ПЛДС-400) является период колебаний струны в микросекундах. Для измерений применялся переносной цифровой периодомер ПЦП-1.

Наблюдения, проводимые по датчикам в процессе строительства, в течение 7 месяцев, позволили выявить особенности формирования напряженно-деформируемого состояния (НДС) колонно-прогонных

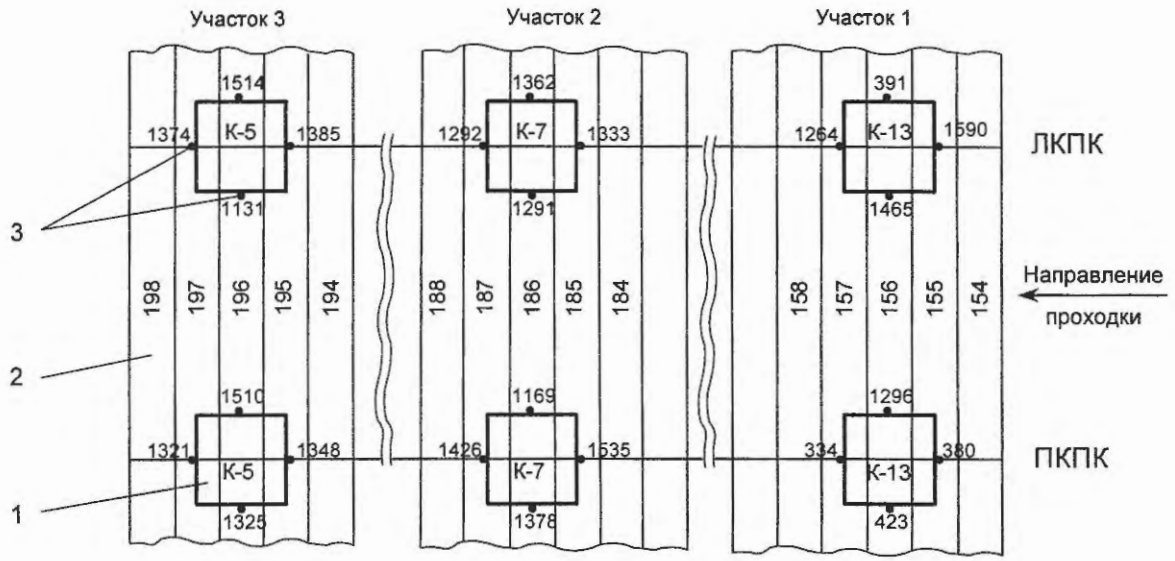


Рис.1 Схема размещения датчиков ПЛДС-400
1 – стальная колонна; 2 – арка, состоящая из железобетонных тюбингов; 3 – датчики ПЛДС-400;
ЛПКП и ПКПК – соответственно левый и правый колонно-прогонные комплексы

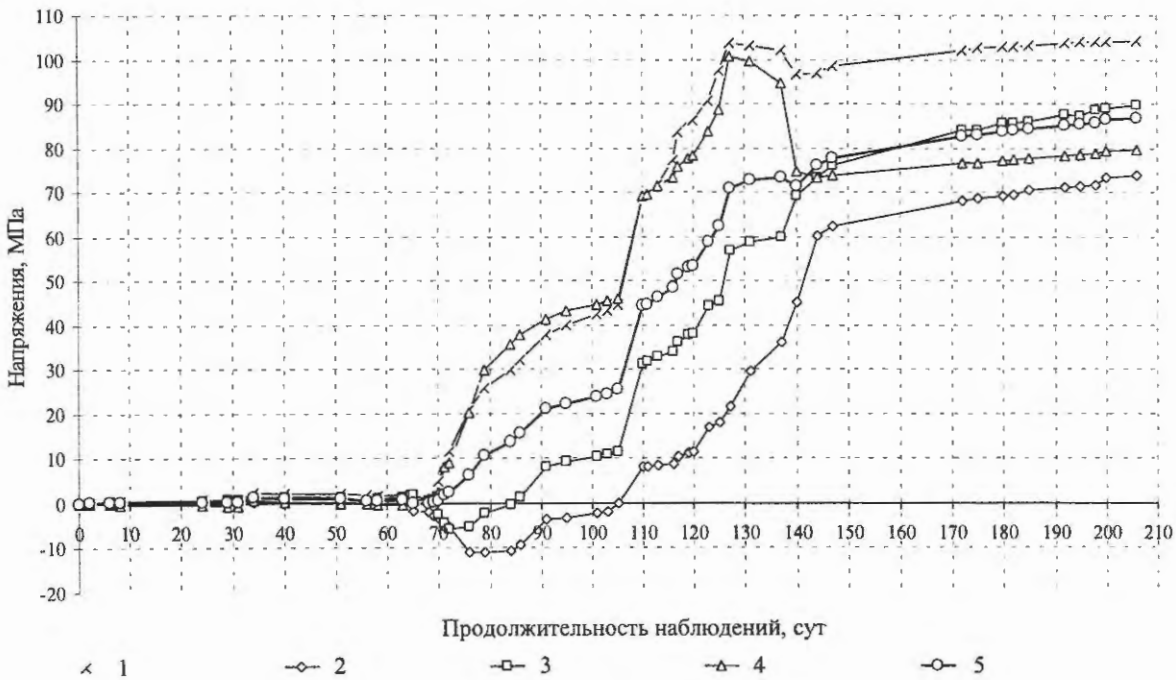


Рис.2. Развитие напряжений в стальных колоннах на первом участке ЛКПК
1, 2, 3 и 4 – по показаниям датчиков 1590, 391, 1264 и 1465 – соответственно; 5 – среднее напряжение

комплексов станции за указанный промежуток времени.

На первом опытном участке в течение 65-70 дней с момента установки датчиков не наблюдается значительного роста напряжений (рис.2). На втором участке этот период составил 90 дней, а на третьем 100. Это связано с последовательным расположением исследуемых участков (см. рис.1).

При разработке верхнего свода происходит активный рост нагрузок с незначительным их снижением в момент нахождения забоя на исследуемом колонно-прогонном комплексе.

На первом участке ЛКПК, в течение 9 дней наблюдается резкий рост напряжений (с 0,4 до 10,6 МПа), в среднем по датчикам (рис.2), что вызвано прохождением забоя верхнего свода первого измеряемого участка (арка 159). Причем на двух гранях (1465 и 1590) колонны К-13 (см. рис.1) напряжения достигают 30 и 26 МПа соответственно, а на двух других гранях (391 и 1264) сжимающие напряжения переходят в растягивающие: -10,9 и -2,3 МПа соответственно. В дальнейшем изменение напряжений на всех гранях колонны носит аналогичный характер.

Нормальные тангенциальные напряжения в среднем растут равномерно со скоростью 5,36 МПа/месяц и через 17 дней составляют 25,5 МПа (ЛКПК) и 25,8 МПа (ПКПК). В течение последующих 5 дней происходит их резкое увеличение до 44,4 и 28,9 МПа соответственно на ЛКПК и ПКПК (рис.2 и 3). Через 10 дней напряжения увеличиваются в среднем до 53,5 и 40,6 МПа на ЛКПК и ПКПК соответственно. Последующее резкое увеличение напряжений до 72,8 МПа (ЛКПК) за 11 дней вызвано разборкой тюбингов временного заполнения (арки 150-158). На первом участке ПКПК при разборке тюбингов временного заполнения наблюдается то же самое: средние напряжения возрастают в течение 11 дней с 40,6 до 67,5 МПа. Причем за этот период наибольший рост напряжений наблюдается на датчике 350 ПКПК (обратный направлению проходки): с 40,3 до 97,5 МПа (рис.3).

Влияние забоя обратного свода становится заметным на расстоянии 3-3,75 м до исследуемого участка и прекращается сразу после его прохождения. За 9 дней нагрузка на колонны уменьшается на 216 кН и достигает ЛКПК 11249 кН, а на ПКПК уменьшается на 518 кН и составляет 10110 кН (рис.4). Необходимо отметить, что характер изменения напряжений, в этот период, на разных гранях колонн разный. Так на двух гранях (1465 и 1590) колонны напряжения уменьшаются на 25 и 6,5 МПа соответственно, а на двух других гранях (391 и 1264) увеличиваются на 15,6 и 10,5 МПа соответственно (рис.2). На ПКПК увеличение напряжений, за этот период, наблюдается только на грани 334 (рис.3).

С продвижением забоя обратного свода его влияние на распределение нормальных тангенциальных напряжений в колоннах первого участка снижается. Постепен-

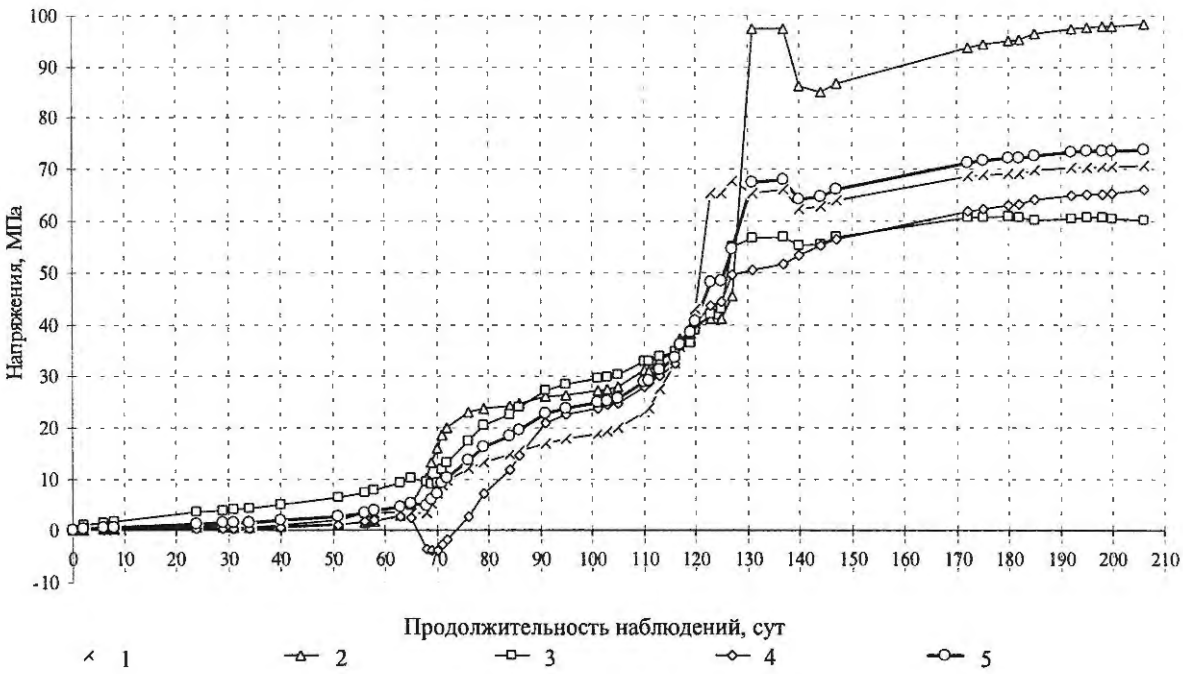


Рис.3. Развитие напряжений в стальных колоннах на первом участке ПКПК
1, 2, 3 и 4 – по показаниям датчиков 423, 350, 1296 и 334 – соответственно; 5 – среднее напряжение

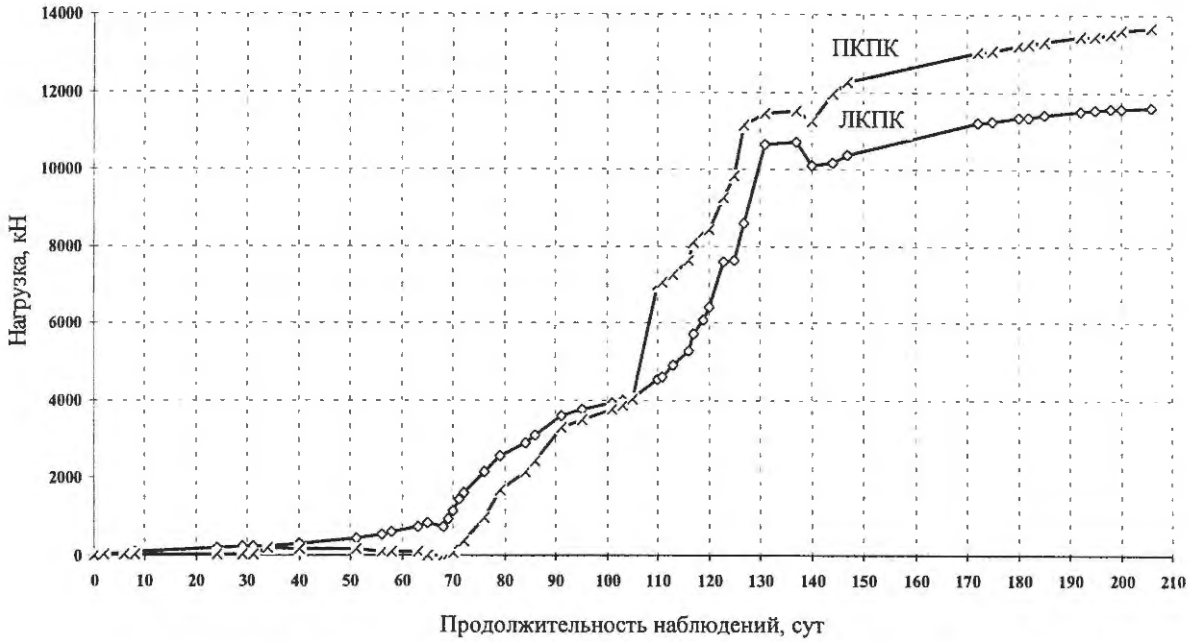


Рис.4. График формирования нагрузок на стальные колонны (первый участок)

но нагрузки на колонны достигают 13680 и 11622 кН ЛКПК и ПКПК соответственно.

На момент написания статьи обратный свод и разборка тюбингов временного заполнения еще не начали оказывать существенное влияние на второй и третий участки.

В ходе наблюдений выявлено влияние технологических процессов при проходке среднего тоннеля на формирование напряженно-деформированного состояния колонно-прогонных комплексов:

- незначительное первоначальное снижение напряжений вызвано разработкой контура верхнего свода в пределах измеряемого участка, причем на некоторых гранях колонн сжимающие напряжения переходят в растягивающие;
- активный рост нагрузки на колонны происходит по мере замыкания верхнего свода на колонно-прогонные комплексы;
- разборка тюбингов временного заполнения приводит к увеличению скорости роста напряжений на 25,3 и 66,35 МПа/месяц на ЛКПК и ПКПК соответственно, что объясняется передачей воспринимаемой нагрузки с тюбингов временного заполнения на колонно-прогонный комплекс;
- разработка обратного свода вызывает снижение напряжений в колоннах на расстоянии 3-3,75 м от измеряемого участка;
- напряжения в сечении колонны распределяются неравномерно при разработке контура верхнего свода в пределах измеряемого участка, разборке тюбингов временного заполнения и разработке обратного свода вблизи измеряемого участка.

Таким образом, исследования показали, что проходку необходимо вести, чтобы влияние забоя обратного свода и разборка тюбингов временного заполнения компенсировали друг друга

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