

# Соединительные ветки Петербургского метрополитена в системе транспортного обслуживания



**Е. Г. Козин,**  
канд. техн. наук,  
первый заместитель  
начальника ГУП  
«Петербургский  
метрополитен»



**А. П. Ледяев,**  
докт. техн. наук,  
заведующий  
кафедрой «Тоннели  
и метрополитены»  
Петербургского  
государственного  
университета путей  
сообщения Императора  
Александра I (ПГУПС)

Полноценный перевозочный процесс в Петербургском метрополитене в условиях нехватки производственных и технологических площадок обеспечивается за счет соединительных веток. Эти вспомогательные сооружения играют ключевую роль в организации регламентного обслуживания электроподвижного состава, обеспечении хозяйственного движения и транзите коммуникаций с одной линии на другую. Для их безопасного и надежного содержания в метрополитене разработан комплекс решений, позволяющих проводить эксплуатационные работы.

«**О**беспечить в 2020 г. шаговую доступность к станциям метро более 70 % территории Санкт-Петербурга» – из резолюции Международного форума «Комплексное освоение подземного пространства мегаполисов – как одно из важнейших направлений государственного управления развитием территорий» (Санкт-Петербург, 27–29 июня 2012 г.).

## Приоритеты в развитии Петербургского метрополитена

Метрополитен как внеуличный вид транспорта, обеспечивающий массовые пассажирские перевозки, представляет собой сложный технологический комплекс, включающий объекты инфраструктуры и подвижной состав. Показатели транспортной работы (рис. 1), достигнутые в 2012 г., свидетельствуют, что при доле 53 % от общего объема перевозок ГУП «Петербургский метрополитен» занимает первое место среди предприятий городского пассажирского транспорта. При этом стоимость основ-

ных фондов метрополитена в 5,4 раза превышает стоимость основных фондов ГУП «Горэлектротранс», на долю которого приходилось 20 % объема перевозок населения города. Для обеспечения заданных объемов пассажирских перевозок с высокой культурой обслуживания в метрополитене проходит множество взаимосвязанных процессов. Чем менее развита инфраструктура сети метрополитена, тем весомее в структуре его расходов значимость обслуживающих действий, которые напрямую не связаны с перевозкой пассажиров. Нарушение или сбой в проведении одного из них может привести к серьезным последствиям, на ликвидацию которых потребуются длительное время и значительные финансовые ресурсы.

В Отраслевой схеме, утвержденной городским правительством, определены приоритетные направления развития метрополитена в Санкт-Петербурге. Проектирование и строительство линий ведется с учетом требований к организации движения поездов и технологической потребности в обслуживании

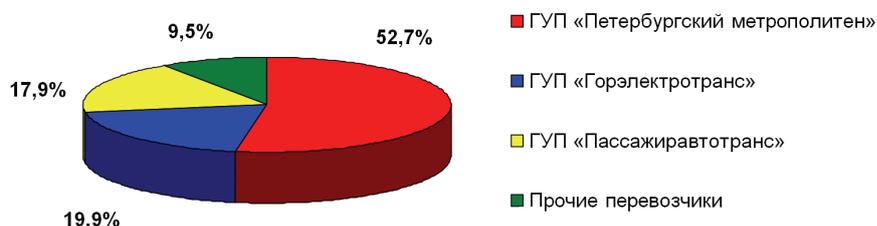


Рис. 1. Диаграмма распределения пассажирских перевозок в 2012 г.

Таблица 1. Эксплуатационные показатели соединительных веток Петербургского метрополитена (по состоянию на 2013 г.).

Показатель соединительной ветки	Расположение соединительной ветки между станциями				
	«Технологический институт I-II»	«Площадь Восстания – Маяковская»	«Площадь Александра Невского I-II»	«Невский проспект – Садовая»	«Достоевская – Садовая»
Прилегающие линии	1-2	1-3	3-4	2-5	4-5
Количество депо на прилегающих линиях	4	3	1	2	нет
Год постройки	1961	1967	1985	1991	1992
Тип по количеству путей	Двухпутная	Однопутная	Однопутная	Однопутная	Двухпутная
План, профиль пути	Без кривых и переломов	10 кривых 5 переломов	10 кривых 8 переломов	5 кривых 7 переломов	По 5 кривых и по 6 переломов
Протяженность, км	0,16 0,14	1,50	2,80	2,21	2,22 2,22
Количество стрелочных переводов по границе	4 (по 2)	6	10	6	4 (по 2)
Интенсивность движения электроподвижного состава, поездов в сутки	–	12	38	40	–
Интенсивность хозяйственного движения, поездов в сутки	8	12	4	10	3
Наименьшая глубина заложения, м	38	44	45	56	61

подвижного состава, оборудования и устройств. До ввода в строй электродепо на линии метрополитена регламентные работы на подвижном составе выполняются в одном из действующих электродепо. Для передачи подвижного состава с линии, не имеющей электродепо, предусматриваются одно- или двухпутные соединительные ветки. Важным фактором, определяющим совокупные затраты на строительство и последующую эксплуатацию этих сооружений, является взаимное расположение как действующих, так и проектируемых станций пересадочного узла. Наиболее оптимальным в этом смысле представляется такое проектное решение, при котором длина соединительной ветки минимальна. К примеру, двухпутная соединительная ветка на совмещенном пересадочном узле станций «Технологический институт I-II» с кроссплатформенной схемой пересадки пассажиров с линии на линию представляет собой расположенные с противоположных сторон два съезда между параллельными тоннелями, являющимися продолжением станционных путей.

Программой развития сети метрополитена предусмотрено продление Линии 3 и подготовка ее инфраструктуры к обороту подвижного состава с асинхронным тяговым приводом. Основными мероприятиями, которые предстоит провести, являются:

- подготовка пакета разрешительной и проектной документации по пусковому участку, в том числе по намывным территориям в районе строительства станции «Новокрестовская»;
- сооружение и открытие участка Линии 3 эксплуатационной длиной 5,02 км с двумя станциями «Новокрестовская» и «Улица Савушкина»;
- модернизация инфраструктуры Линии 3 с десятью станциями и электродепо «Невское» для обеспечения оборота подвижного состава с асинхронным тяговым приводом.

Комплекс работ, связанный с модернизацией, включает в себя этапы по основным отраслям деятельности эксплуатационных служб метрополитена. Одним из ответственных этапов будет выполнение работ по усилению тягового электроснабжения Линии 3. Наи-

более сложной в этом смысле является реконструкция станционной тяговой подстанции (СТП), расположенной на станции «Площадь Восстания» и обеспечивающей электроснабжение пересадочного узла и прилегающих к нему Линий 1 и 3. Ввиду отсутствия СТП на станции «Маяковская», расположенной на Линии 3, однопутный тоннель соединительной ветки «Площадь Восстания – Маяковская» имеет особое значение в системе энергоснабжения. В нем размещены силовые кабели тягового электроснабжения от СТП до секций контактного рельса энергоучастков Линии 3 в направлениях от станции «Маяковская» к прилегающим станциям «Гостиный Двор» и «Площадь Александра Невского-1».

Значительна роль соединительных веток наряду с тупиками на станциях с путевым развитием в случае необходимости снятия с линии неисправного состава и скорейшего возобновления транспортного обслуживания. В табл. 1 приведены основные эксплуатационные показатели соединительных веток Петербургского метрополитена.

### Особенности соединительных веток

В практике эксплуатации метрополитенов существуют примеры, когда часть действующей линии после ввода в строй пускового комплекса и переключения движения по новой схеме приобретает статус соединительной ветки. Так, участок перегонных тоннелей между станциями «Достоевская» и «Садовая», эксплуатируемый с января 1992 г. по февраль 2009 г. в составе Линии 4, после строительства станции «Спасская» четвертой линии и открытия движения по Линии 5 стал использоваться в качестве двухпутной соединительной ветки.

К особенностям соединительных веток также относятся:

- наличие с обеих сторон камер съездов и путевого развития;
- необходимость функционального согласования оборудования и устройств на эксплуатируемой и на вновь построенной линиях, в том числе режимов работы эксплуатируемых и вновь смонтированных инженерных систем;
- сложные план и профиль пути, градостроительные и инженерно-геологические условия строительства;
- высокий показатель интенсивности хозяйственного движения.

В приведенных в *табл. 1* показателях обращает на себя внимание еще одна особенность. Интенсивность движения электроподвижного состава – наименьшая на соединительных ветках, где прилегающие линии имеют по два электродепо или не имеют их совсем. В общем, неравномерность распределения движения вызвана отставанием темпов строительства и ввода в строй электродепо на линиях протяженностью более 20 км и связана с общей неравномерностью распределения пассажиропотоков по линиям. Из-за нехватки четырех электродепо не представляется возможным полноценно оптимизировать размеры движения (количество пар поездов в час) с учетом фактической необходимости в перевозке пассажиров, в частности, на линиях, не имеющих электродепо. Так, для снижения парности движения на четвертой и пятой линиях во внепиковые часы «лишний» подвижной состав выдается через соединительные ветки для отстоя в эксплуатируемые электродепо на третьей и второй линиях. Как следствие, в метрополитене наблюдается перепробег подвижного состава.

В *табл. 2* приведены данные об основных этапах регламентного обслужи-

вания подвижного состава Линии 3 и интенсивности движения на соединительной ветке «Площадь Восстания – Маяковская». Увеличение протяженности линии, развитие ее инфраструктуры и особенности эксплуатации метрополитена влияют непосредственно на выбор площадки для выполнения регламентного обслуживания подвижного состава. К примеру, отсутствие электродепо на Линии 4 приводит к необходимости передачи части электроподвижного состава Линии 3 на ночной отстой по соединительной ветке в электродепо, расположенное на прилегающей к ней Линии 1, в то время как эксплуатируемое на третьей линии электродепо «Невское» преимущественно обслуживает электроподвижной состав четвертой линии. Интенсивность движения по соединительной ветке хозяйственных поездов и специального подвижного состава возрастает по мере увеличения длины линии, а такие обстоятельства, как приостановка эксплуатации отдельных участков прилегающих линий или переход на обслуживание линии принципиально новым подвижным составом с асинхронным тяговым приводом, приводят к полной отмене оборота электроподвижного состава по соединительной ветке.

По мере ввода в строй новых пусковых участков Линии 3 и роста пассажиропотока на соединительной ветке наблюдается неуклонное увеличение интенсивности движения поездов. Так, за два первых десятилетия с момента открытия Невско-Василеостровской линии (Линия 3) интенсивность движения электроподвижного состава, хозяйственных и спецпоездов возросла более чем в три раза. И только открытие второй очереди электродепо «Невское» привело к снижению интенсивности движения электропоездов до значения 20 поездов в сутки, оставив неизменным объем хозяйственных перевозок.

Авария на Линии 1 с последовавшим закрытием движения между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества» вызвала необходимость пересмотра порядка проведения регламентного обслуживания подвижного состава, поскольку электродепо «Северное», обслуживавшее Линию 3, было изолировано от основной сети метрополитена. В связи с этим с 1996 г. передача составов по соединительной ветке на Кировско-Выборгскую линию (Линия 1) прекратилась, электродепо «Невское» полностью

обеспечивает потребности в обслуживании составов Линий 3 и 4.

Во время вынужденного отсутствия движения электроподвижного состава по соединительной ветке «Площадь Восстания – Маяковская», связанного с прекращением передачи составов на Кировско-Выборгскую линию, в теплый период года стала проявляться устойчивая тенденция к образованию тумана и конденсации влаги на поверхностях тоннельной обделки, преимущественно на чугунных тубингах, ходовых и контактных рельсах, на кабелях. Незадолго до этого в ходе постоянных осмотров уже фиксировалось некоторое увеличение водопроявлений в виде течей и капели из тоннельной обделки соединительной ветки. Следствием этих процессов стало возросшее количество дефектов на элементах верхнего строения пути, оборудовании и устройствах, снижение параметров электрического переходного сопротивления. Для установления причин увеличения водопроявлений и повышенной влажности, а также для выработки мероприятий по обеспечению надежности функционирования сооружений, оборудования и устройств был проведен ряд обследований с привлечением научных организаций.

### Сооружение пересадочного узла «Площадь Восстания – Маяковская»

Пересадочный узел метрополитена «Площадь Восстания – Маяковская» находится в центральной части Санкт-Петербурга в зоне плотной исторической городской застройки. Глубина заложения соединительной ветки варьируется от 44 до 58 м. Однопутный тоннель представляет собой 11 участков различной длины, собранных из четырех типов тубинговой обделки: чугунной – наружным диаметром 5,6 м и железобетонной – диаметрами 5,1; 5,6 и 6,0 м. В плане сооружение расположено над перегонными тоннелями Линий 1 и 3 и имеет сложную конфигурацию с двумя кривыми малого радиуса (150 м) с углом разворота направления приблизительно равным 270° (*рис. 2*).

Для обеспечения заданных углов поворота в плане и профиле проектом предусматривалась установка чугунных вставок (опережений) шириной от 80 до 100 мм по внешнему радиусу и 20-40 мм – по внутреннему. На *рис. 2* показаны схематичные конфигурации эксплуатируемых и проектируемых соединительных веток Петербургского метрополитена.

Таблица 2. Технологическая потребность в регламентном обслуживании подвижного состава Линии 3

Этапы строительства, особенности эксплуатации метрополитена	Длина, км	Регламентное обслуживание подвижного состава	Регламентное обслуживание подвижного состава в электродепо «Невское»	Максимальные размеры движения электропоездов, пар поездов в час	Интенсивность движения поездов на соединительной ветке «Площадь Восстания – Маяковская»		
					Электропоезда, поездов в сутки	Хозяйственные поезда, поездов в сутки	Обкатки, перегонки, спецпоезда, поездов в месяц
Первый пусковой участок Линии 3 «Площадь Александра Невского 1» – «Василеостровская» (1967–1970 гг.)	6,70	По соединительной ветке через прилегающую Линию 1 в электродепо «Автово» (Линия 1) для обслуживания, ремонта и ночного отстоя	–	30	12	2–3	3
Второй пусковой участок Линии 3 «Ломоносовская» – «Василеостровская» (1970–1979 гг.)	12,48			30	25	5–6	5
Третий пусковой участок Линии 3 «Ломоносовская» – «Приморская» (1979–1981 гг.)	14,66			34	30	6–7	6
Четвертый пусковой участок Линии 3 «Обухово» – «Приморская» (1981–1984 гг.)	18,92			32	35	8	8
Пятый пусковой участок Линии 3 «Рыбацкое» – «Приморская» с первой очередью электродепо Невское (1984–1988 гг.)	22,54			По соединительной ветке через прилегающую Линию 1 в электродепо «Северное» для обслуживания и ремонта	Подвижной состав Линии 3 для ночного отстоя. С 1985 года после пуска первого участка Линии 4 – подвижной состав Линии 4	28	40
Вторая очередь электродепо Невское (1988–1995 гг.)	22,54	28	20			10	10
Авария на прилегающей Линии 1 на участке «Лесная» – «Площадь Мужества» (1995–2004 гг.)	22,54	Электродепо «Невское» для обслуживания, ремонта и ночного отстоя	Подвижной состав Линий 3 и 4	22	–	11	11
Эксплуатация после восстановления движения на прилегающей Линии 1 на участке «Лесная» – «Площадь Мужества» (2004–2012 гг.)	22,54			24	–	11	11–15
Эксплуатация в период модернизации инфраструктуры Линии 3 для обеспечения оборота подвижного состава с асинхронным тяговым приводом (2012–2018 гг.)	22,54	Электродепо «Невское» для обслуживания и ремонта. По соединительной ветке через прилегающую Линию 1 в электродепо «Северное» для ночного отстоя		25	12	12	15–28
Шестой пусковой участок Линии 3 «Рыбацкое» – «Улица Савушкина» (с 2018 г.)	27,56	Электродепо «Невское» для обслуживания, ремонта и ночного отстоя	Подвижной состав Линии 3 с асинхронным тяговым приводом	32	–	15	6

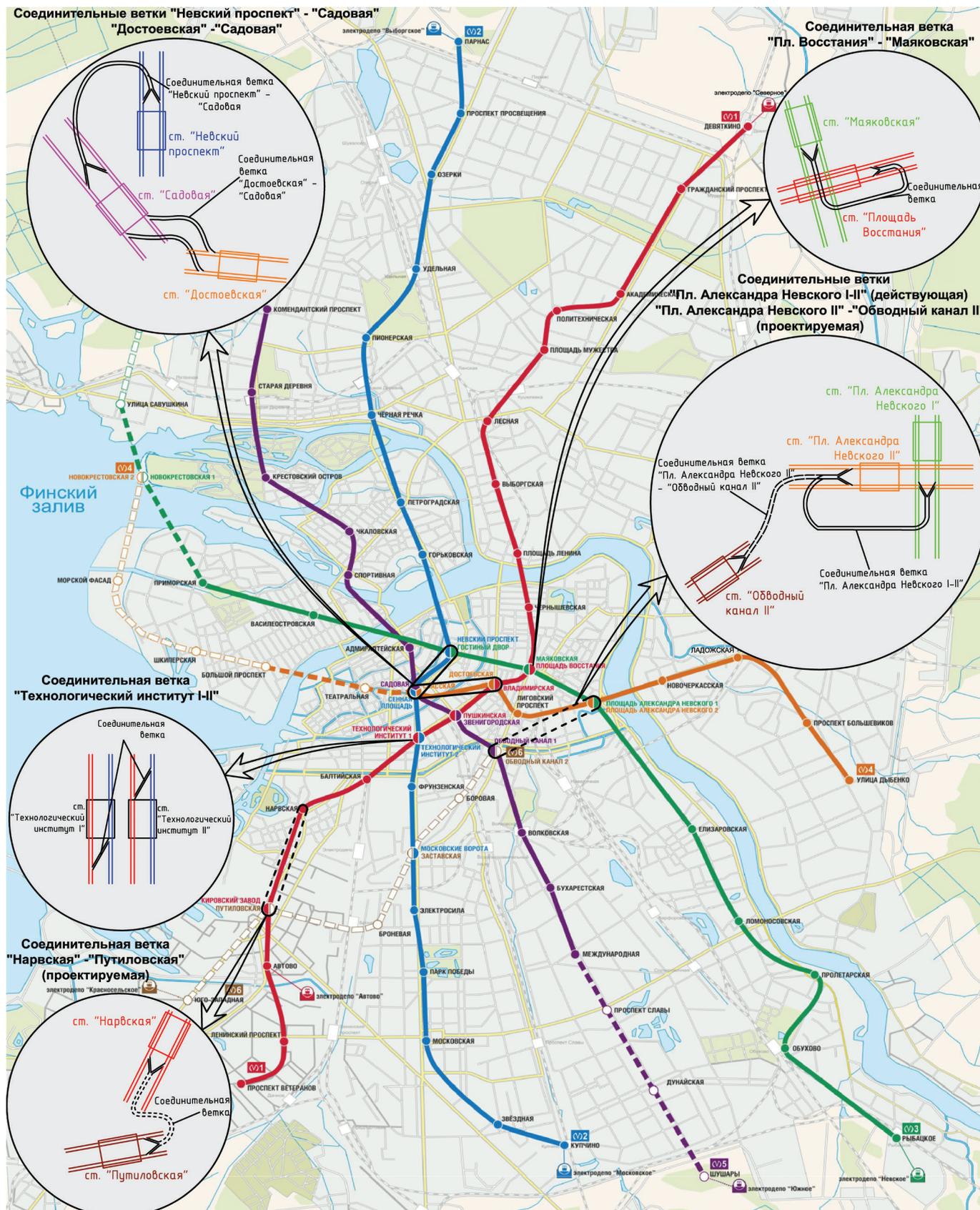


Рис. 2. Схемы соединительных веток в сети линий Петербургского метрополитена

Инженерно-геологические условия района расположения пересадочного узла характеризуются наличием культурного слоя мощностью до 2,5 м, послеледниковыми и ледниковыми отложениями (в виде крупнозерни-

стых песков, суглинков неоднородных с прослойками песчаника) глубиной от поверхности до 44 м и перемятой кембрийской глиной. Водонасыщенные горизонты безнапорный в интервале глубин до 3 м, напорный, приуроченный

к ледниковым отложениям на глубину до 40 м.

Проектное решение первого пускового участка Невско-Василевской линии предполагало сооружение перегонных тоннелей, сое-

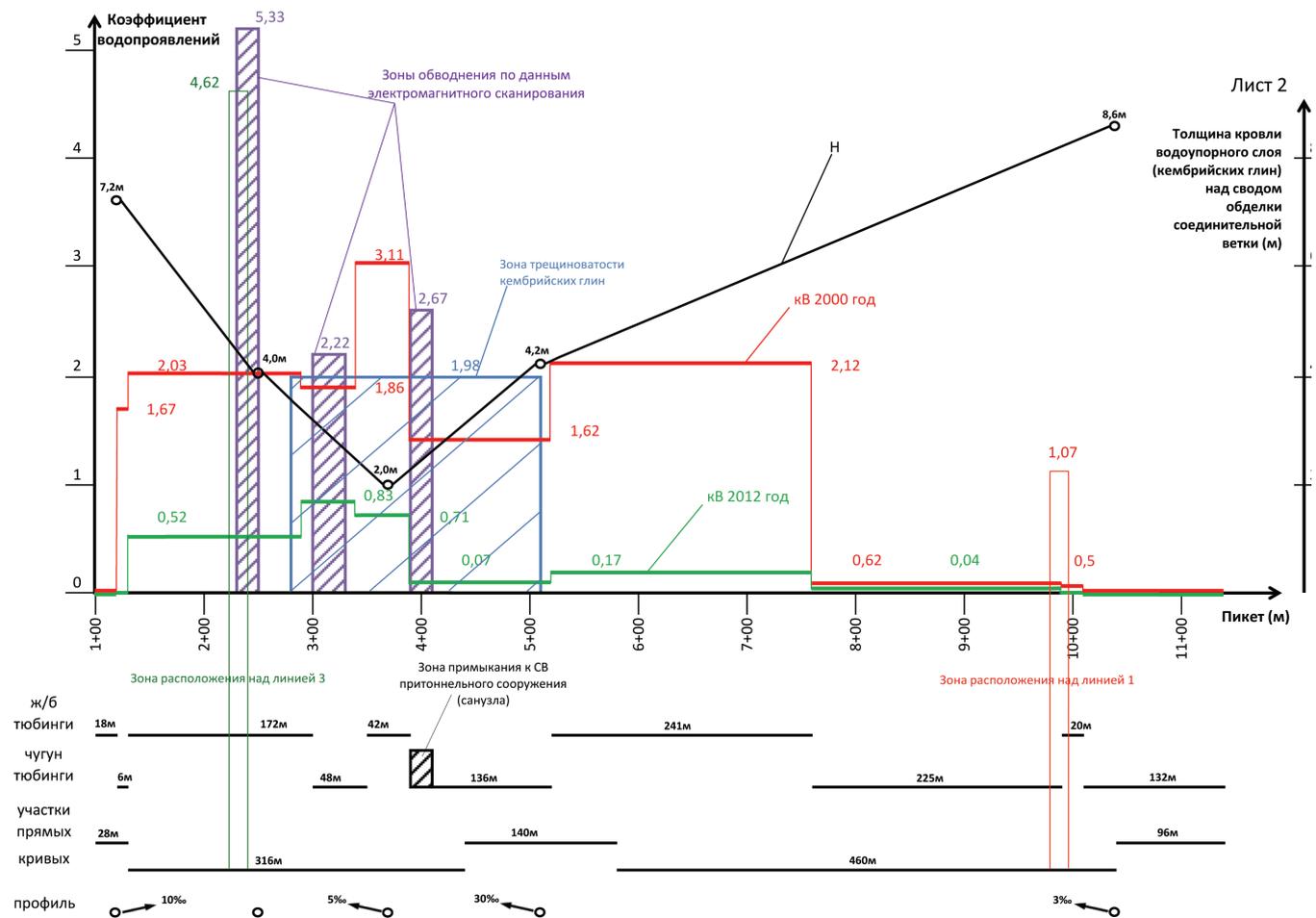


Рис. 3. Диаграммы интенсивности водопроявлений на участках тоннельной обделки соединительной ветки «Площадь Восстания – Маяковская»

динительной ветки и станции «Маяковская» над действовавшей трассой Кировско-Выборгской линии. Следствием этого стали снижение толщины пласта плотной водоупорной кембрийской глины в щелье свода тоннелей и уменьшение глубины заложения сооружений, что, в свою очередь, потребовало принятия ряда технических решений на стадиях проектирования и строительства по усилению несущей способности тоннельных конструкций.

Последовательность строительства первого пускового участка предусматривала щитовую проходку перегонных тоннелей одновременно по обоим путям со стороны станции «Площадь Александра Невского-1» в сторону станции «Маяковская», а затем – проходку горным способом камер съездов станции «Маяковская», соединительной ветки и притоннельных сооружений. Ручная разработка породы и возведение тоннельной обделки на всех 11 участках соединительной ветки с использованием эректора требовали особого мастерства и навыков проведения работ, чтобы обес-

печить замкнутость и герметичность постоянной конструкции в условиях необходимости установки опережений на каждом кольце обделки для соблюдения заданного проектом угла поворота сооружения в плане и профиле и наличия, согласно данным инженерно-геологических изысканий, зон трещиноватости кембрийских глин с прослойками песчаника в кровле тоннеля.

### Формирование обводненных зон

Строительство подземных выработок горным способом как никакая другая технология ведения работ оказывает наибольшее воздействие на окружающий грунтовый массив. В этих условиях в отсутствие должной степени механизации работ и квалификации проходчиков, было особенно сложно добиться минимального смещения контура выработки и соответствия геометрии забоя проектному очертанию. С высокой степенью вероятности можно утверждать, что следствием совокупности этих обстоятельств стало разуплотнение окружающего грунтового массива с последо-

вавшим дальнейшим увеличением его обводненности.

Исследование, выполненное с поверхности методом электромагнитного сканирования, выявило зоны повышенной обводненности ледниковых отложений (верхней морены), расположенные в плане над участками тоннеля на кривой с наименьшей мощностью водоупорного слоя кембрийских глин в щелье свода (рис. 3). На формирование зоны обводнения, зафиксированной в месте пересечения в плане соединительной ветки и перегонного тоннеля третьей линии, оказало влияние наложение деформаций в грунтовом массиве от проходки двух выработок (одна над другой). Две другие зоны обводнения приурочены к участку тоннеля, расположенному в трещиноватых кембрийских глинах с прослойками песчаника. По данным, полученным в ходе исследования, зоны повышенной обводненности характеризуются ослабленной, разуплотненной структурой слагающих грунтовый массив слоев, движение воды в которых происходит в субвертикальном направлении.

Согласно статистике наблюдений за тоннельной обделкой, водопроявления в тоннеле имели место на всем протяжении соединительной ветки. В 2000 г. на отдельных участках фиксировалось 6-7 течей на 10 погонных метров тоннеля. Наиболее обводненные участки железобетонной обделки, где водопроявления были приурочены к сводовой части тоннеля. В железобетонной тубинговой обделке основными местами течей являлись швы между кольцами тоннельной обделки; места установки чугунных вставок между тубингами на кривых; фильтрующие трещины в стенках тубингов; болтовые отверстия и отверстия для нагнетания. На участках чугунной тубинговой обделки течи наблюдались в стыках между смежными кольцами и в отверстиях для нагнетания. При визуальном осмотре железобетонной тубинговой обделки отмечались множественные дефекты в числе которых: разрушение защитного слоя ребер железобетонных тубингов, коррозионный износ рабочей арматуры, трещины в спинках тубингов, следы коррозии арматурного каркаса спинки тубингов, а также отсутствие части стягивающих болтов (шпилек) между кольцами обделки. Основным дефектом чугунной тубинговой обделки была поверхностная коррозия в местах водопроявлений. Общим для участков тоннеля, расположенных на кривых, вне зависимости от типа обделки было зафиксировано несоответствие проекту конструкции опережений: в отсутствие чугунных вставок пространство между кольцами заполнено затяжкой из досок с последующим оштукатуриванием по металлической сетке. Исследованием химического состава воды установлено повышенное содержание хлорид-ионов (500 мг/л) в отобранных для анализа пробах из мест водопроявлений. Водные растворы с такой концентрацией хлоридов в зависимости от условий смачивания железобетонных конструкций могут относиться как к среднеагрессивным по отношению к арматуре при периодическом смачивании, так и неагрессивным – при постоянном погружении. В ходе обследования установлен переменный характер смачивания, вследствие чего тоннельная обделка испытывает наибольшее агрессивное воздействие от фильтрующей воды. На *рис. 3* приведены диаграммы интенсивности водопроявлений по состоянию на 2000 и 2012 гг.

За основу анализа водопритоков предложено взять рассчитываемый по

приведенной ниже формуле коэффициент водопроявлений, соответствующий приведенному количеству водопроявлений на 10 погонных метрах участка тоннельной обделки.

$$K_v = (N_{\text{уч.}}/L_{\text{уч.}})^3 \cdot 10 \text{ пог. м,}$$

где  $K_v$  – коэффициент водопроявлений на 10 погонных метров,

$N_{\text{уч.}}$  – количество водопроявлений участка тоннельной обделки,

$L_{\text{уч.}}$  – длина в метрах участка тоннельной обделки.

На *рис. 3* отмечены значения коэффициента водопроявлений, соответствующие участкам тоннельной обделки из чугунных и железобетонных тубингов, а также участкам пересечения с тоннелями Линий 1 и 3, зонам трещиноватых грунтов и зонам повышенной обводненности по данным электромагнитного сканирования.

Наблюдавшиеся капез и течи оказывали неблагоприятное влияние на состояние ходовых и контактного рельсов, кабелей, силовых электрических и релейных шкафов локально (в месте конкретного водопроявления), а эффект образования тумана, несмотря на сезонный характер, сказывался негативным образом повсеместно на всем протяжении тоннеля. Это потребовало проведения исследования тепловлажностного режима соединительной ветки и режима вентиляции прилегающих участков Линий 1 и 3. В ходе выполненных работ установлено, что в связи с отсутствием переноса тепла за счет поршневого эффекта и поступления теплого воздуха на соединительную ветку вследствие отмены движения электроподвижного состава по графику из-за аварии на Линии 1 тоннельная обделка остывает, приобретая температуру 11 °С, близкую окружающему грунтовому массиву. Ночью это приводит к охлаждению воздуха, поступающего днем посредством поршневого эффекта на прилегающих линиях, и достижению им температуры точки росы 13,5 °С, определенной натурными замерами. Таким образом, при наличии воздуха, насыщенного парами влаги с относительной влажностью более 85 %, происходят процессы конденсации на холодных поверхностях и появления так называемого радиационного тумана, или тумана охлаждения.

Масштабность этих явлений практически по всей длине соединительной ветки обусловлена отсутствием (не предусмотрена проектом строительства Невско-Василеостровской линии) собственной установки для принудительной

вентиляции; сложной конфигурацией сооружения (угол разворота тоннеля – примерно 270 °, что увеличивает аэродинамическое сопротивление); наличием большой площади поверхности испарения (много водопроявлений и открытых водных поверхностей в дренажных лотках) и поверхности конденсации (в виде металлоконструкций обделки и обустройств).

### Технические решения для обеспечения безопасности движения поездов

Для обеспечения работоспособного технического состояния сооружения и безопасности движения поездов был предложен комплексный подход, в основу которого были положены проектные решения по восстановлению гидроизоляции тоннельной обделки и оснащению соединительной ветки установкой струйной вентиляции. Согласно проекту, в соответствии с выполненными расчетами на требуемую производительность, исходя из кратности воздухообмена и с учетом возможности размещения вентилеров в действующих выработках, были подобраны тип и количество струйных вентиляторов и проведен их монтаж. Выполненные в 2008–2009 гг. работы позволили существенно изменить параметры микроклимата на соединительной ветке, улучшив в целом режим ее проветривания. В *табл. 3* приведены данные об основных показателях тепловлажностного режима на соединительной ветке.

Ликвидацию течей в тоннельной обделке и ее ремонт начали проводить с октября 2003 г. Состав работ заключался в очистке обделки от поверхностной коррозии, перечеканке швов на стыке тубингов, замене дефектных болтов и пробок, ремонте тубингов с заделкой трещин и нагнетании в заобделочное пространство. Работы выполнялись в три этапа и были завершены в 2009 г. На *рис. 4* показана динамика изменения водопроявлений на соединительной ветке начиная с 2000 г.

Эффективность выполненных работ может быть оценена с использованием упомянутого ранее коэффициента водопроявлений (см. *табл. 4*).

В местах локализации течей на участках с чугунной тубинговой обделкой, связанных с зонами пересечения выработок или их примыканием, удалось добиться полной ликвидации течей. В то же время

Таблица 3. Показатели тепловлажностного режима на ПК 3+03,85 соединительной ветки «Площадь Восстания – Маяковская».

Показатель	Годы			
	1994	2005	2009	2013
Температура воздуха, °С		16	24	17,4
Относительная влажность, %		85	63	19
Скорость воздуха, м/с		0,0-0,8	1,8	1,1
Направление потока воздуха		Знакопеременное	В сторону Линии 1	В сторону Линии 1
Температура точки росы, °С		13,5	15,1	15,1
Режим вентиляции	Естественно за счет поршневого эффекта	Естественно за счет эффекта помпажа	Принудительно с использованием 4 осевых вентиляторов	

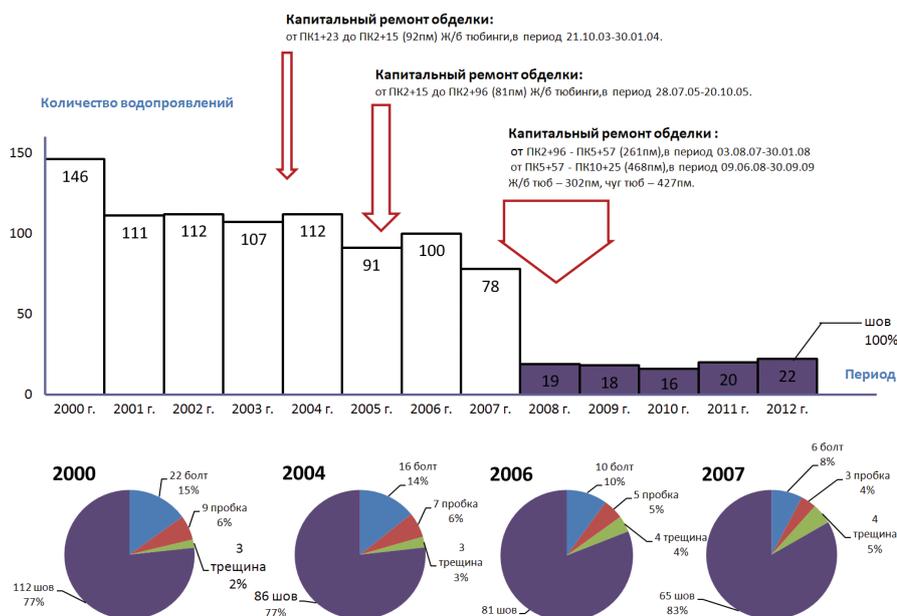


Рис. 4. Диаграмма изменения количества водопроявлений на соединительной ветке «Площадь Восстания – Маяковская».

на участках с железобетонной тубинговой обделкой выполненные работы позволили в 4-7 раз снизить количество водопроявлений, приведенное на 10 погонных метров тоннеля.

Используя комплексный подход при планировании и выполнении работ, эксплуатационные службы обеспечивают надежное и безопасное содержание искусственных сооружений Петербургского метрополитена. Несмотря на кажущуюся ма-

лозначимость таких вспомогательных сооружений, как соединительные ветки, в условиях нехватки производственных и технологических площадок без них невозможно организовать полноценный перевозочный процесс. В первую очередь, это касается организации регламентного обслуживания электроподвижного состава, обеспечения хозяйственного движения и транзита коммуникаций с одной линии на другую.

Таблица 4. Значение коэффициента водопроявлений на соединительной ветке «Площадь Восстания – Маяковская».

Среднее на соединительной ветке	На участках чугунной обделки	На участках железобетонной обделки	На участках прямых	На участках кривых	В зоне пересечения с Линией 1	В зоне примыкания с/у	В зоне трещиноватых грунтов	Среднее в зонах повышенной обводненности	В зоне пересечения с Линией 3
<b>2000 год</b>									
1,40	0,84	2,03	0,96	1,58	1,07	1,36	1,98	3,03	4,62
<b>2012 год</b>									
0,21	0,11	0,32	0,10	0,26	0	0	0,38	0,76	1,15

**Литература**

1. Правила технической эксплуатации метрополитенов РФ. М.: Издат. центр ТА Инжиниринг, 2003.
2. Козин Е. Г., Тулина Н. В., Шнейдер О. А. Технический надзор за строительством в охранных зонах метрополитена // Метро и тоннели. 2006. № 4.
3. Козин Е. Г., Тулина Н. В., Николаева Т. Н. Оценка влияния инженерно-геологических условий на устройство и эксплуатацию сооружений метрополитена в Санкт-Петербурге // Геотехника: актуальные теоретические и практические проблемы: межвуз. сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский гос. арх.-строит. ин-т. СПб., 2006.
4. Козин Е. Г., Сушкевич Ю. И., Бабушкин Н. Ф., Иванов В. Ф., Расулов А. Ю. Тоннели метрополитенов. Устройство, эксплуатация и ремонт: справ.-учеб. пособие. М.: Метро и тоннели, 2009.
5. Козин Е. Г., Кононова Н. С. Современное состояние и перспективы развития нормативно-технической базы по содержанию, ремонту и реконструкции сооружений Петербургского метрополитена // Тр. III Междунар. конф. «Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений» / Тоннельная ассоциация России. Екатеринбург, 2010.
6. Козин Е. Г., Протесеня А. Г., Огородников Ю. Н., Деменков П. А., Карасев М. А., Лебедев М. О., Потемкин Д. А. Механика подземных сооружений. Пространственные модели и мониторинг / Санкт-Петербургский гос. горный ун-т; Междунар. акад. наук экологии, безопасности человека и природы. СПб.: Науч. изд., 2011.