

# ПРИМЕНЕНИЕ ТРУБЧАТЫХ СВАРНЫХ ШПУНТОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*В последние десятилетия в области строительства линейных инженерных сооружений получило развитие новое конструктивно-технологическое направление – возведение подпорных и ограждающих сооружений из трубчатого сварного шпунта (ШТС).*

Д. М. Шапиро, д.т.н.,  
главный научный сотрудник,  
заслуженный строитель РФ,  
Н. Н. Мельничук, к. т. н.,  
начальник проектного отдела  
(ООО «Центр-Дорсервис»)

Конструкции трубчатых сварных шпунтов состоят из стальной трубы и приваренных к ней замковых соединений (рис. 1). Внутренняя полость трубы заполняется песчано-цементной смесью (в соотношении 5:1), монолитным железобетоном или грунтовой пробкой, оставляемой на части длины в пределах заделки в основание.

По сравнению со шпунтовыми системами корытного и других профилей сварной трубошпунт выделяется следующими преимуществами:

- сборкой из готовых изделий
- труб диаметрами 530–1620 мм и замковых соединений, в том числе высокоэффективных коннекторов отечественного производства с усилием на разрыв до 4760 кН/пог. м, что обеспечивает уверенное погружение в труднопроходимые грунты и надежную эксплуатацию сооружения [1];

- высокой несущей способностью и благоприятным архитектурным видом, что обеспечивает пригодность и фактическое применение в составе капитальных

подпорных и ограждающих сооружений различного назначения.

В настоящее время конструкции трубчатых сварных шпунтов наиболее широко представлены в гидротехническом строительстве: при устройстве набережных, причалов, ограждений искусственных островов, берегоукреплений. Инициатором внедрения ШТС является ООО «Трест Запсибгидрострой», который применяет эти конструкции для строительства инженерных сооружений с начала 90-х годов прошлого века практически на всей территории Российской Федерации.

Примерами гидротехнических объектов, построенных этим трестом, являются набережные реки Ангары в Иркутске и Москвы-реки в Красногорском районе Московской области, объекты в ХМАО-Югре – берегоукрепление реки Иртыш, пассажирский причал в Ханты-Мансийске, берегоукрепление реки Обь в Сургуте и реки Конда в поселке Междуреченский, глубоководные причалы на шельфе Карского моря в порту

Сабетта и Салмановском месторождении, многие другие объекты.

Сортамент трубчатых сварных шпунтов включает в себя более 500 типоразмеров, общий вес трубошпунта построенных и строящихся объектов превышает 200 тысяч тонн. За 25 лет трестом Запсибгидрострой при научном сопровождении ЦНИИСа создано заводское производство конструкций ШТС, накоплен опыт проектирования и строительства, сформирована система документов технического регулирования, центральным из которых является ГОСТ Р 52664-2010 «Шпунт трубчатый сварной. Технические условия».

В июне текущего года в Ханты-Мансийске состоялся II Всероссийский симпозиум по теме «Отечественный трубошпунт – 25 лет истории в России. Перспективы развития», организованный ООО «Трест Запсибгидрострой» и АО «ЦНИИС». В симпозиуме приняли участие более 100 специалистов, представивших 36 организаций, заслушаны 15 докладов, связанных с различными направлениями изготовления, строительства, проектирования, исследований, эксплуатации систем из трубошпунта. ООО «Центр-Дорсервис» представил доклад «Теория и расчетные схемы мостовых устоев и дорожных подпорных стенок из трубошпунта». Симпозиум продемонстрировал заинтересованность инвесторов, подрядчиков, научно-проектных организаций в расширенном применении сварного трубчатого

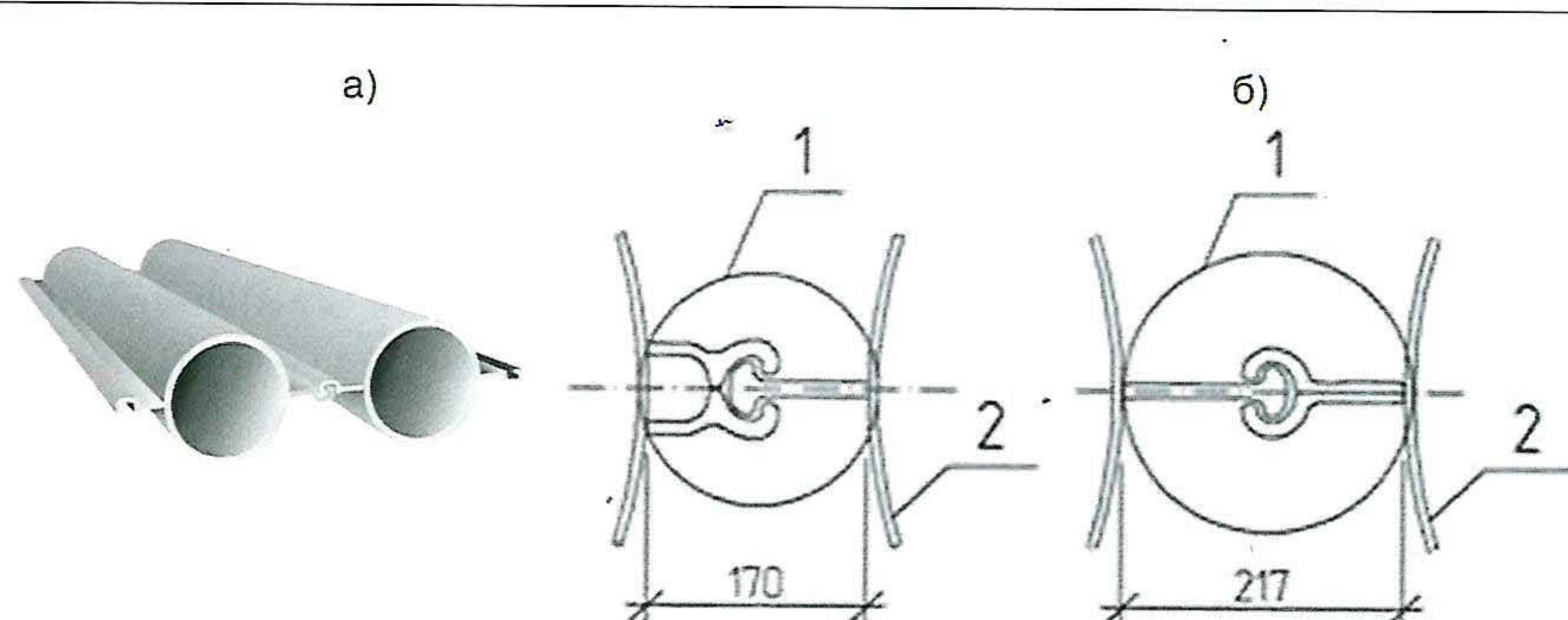


Рис. 1. Конструкции трубчатого сварного шпунта: а) схема элементов ШТС; б) 1 – высокоэффективные замковые соединения, разработанные ООО «Трест Запсибгидрострой», 2 – стенка трубы



Фото 1. Подпорная стенка из ШТС с диаметром труб 720 мм высотой 10,5 м



Фото 2. Общий вид подпорной стенки с облицовкой



Фото 3. Подпорная стенка высотой 8 м без облицовки

шпунта в строительстве линейных сооружений различного назначения.

Достоинства конструкций ШТС, такие как эффективность использования металла, высокий уровень заводской готовности, прочность и простота стыковых соединений, пригодность к скоростному строительству и производству работ в стесненных и суровых климатических условиях, придают им привлекательность для применения в дорожном строительстве. Примером дорожного объекта с применением 820 пог. м трубошпунтовых подпорных стенок является восточный обход Ханты-Мансийска, построенный в 2007 году по проекту Уральского филиала Гипрордона (фото 1, 2, 3) [2, 3, 4].

ООО «Центр-Дорсервис» разработало проект подпорной стенки в составе транспортной развязки на 189-м км автодороги М-5 «Урал». Подпорная стенка протяженностью 670 пог. м и высотой до 5,9 м запроектирована из трубошпунта с трубчатыми элементами диаметром 820 мм толщиной 10 мм, забитых с шагом 99 см, заполненных песчано-цементной смесью (рис. 2). Общий расход трубошпунта составит 1468 т.

Особенностью реконструкции развязки является очередность работ, при которой засыпка располагается сначала с одной стороны стенки, а затем с противоположной. Это позволило использовать еще одно конкурентное преимущество трубошпунта — способность к восприятию изгибающих усилий разных знаков при изменении направления горизонтального давления грунта. Разработанный проект успешно прошел государственную экспертизу. В текущем году Федеральным дорожным агентством начата реализация данного проекта.

В текущем году научно-проектное предприятие ООО «Центр-Дорсервис» по заданию Федерального дорожного агентства

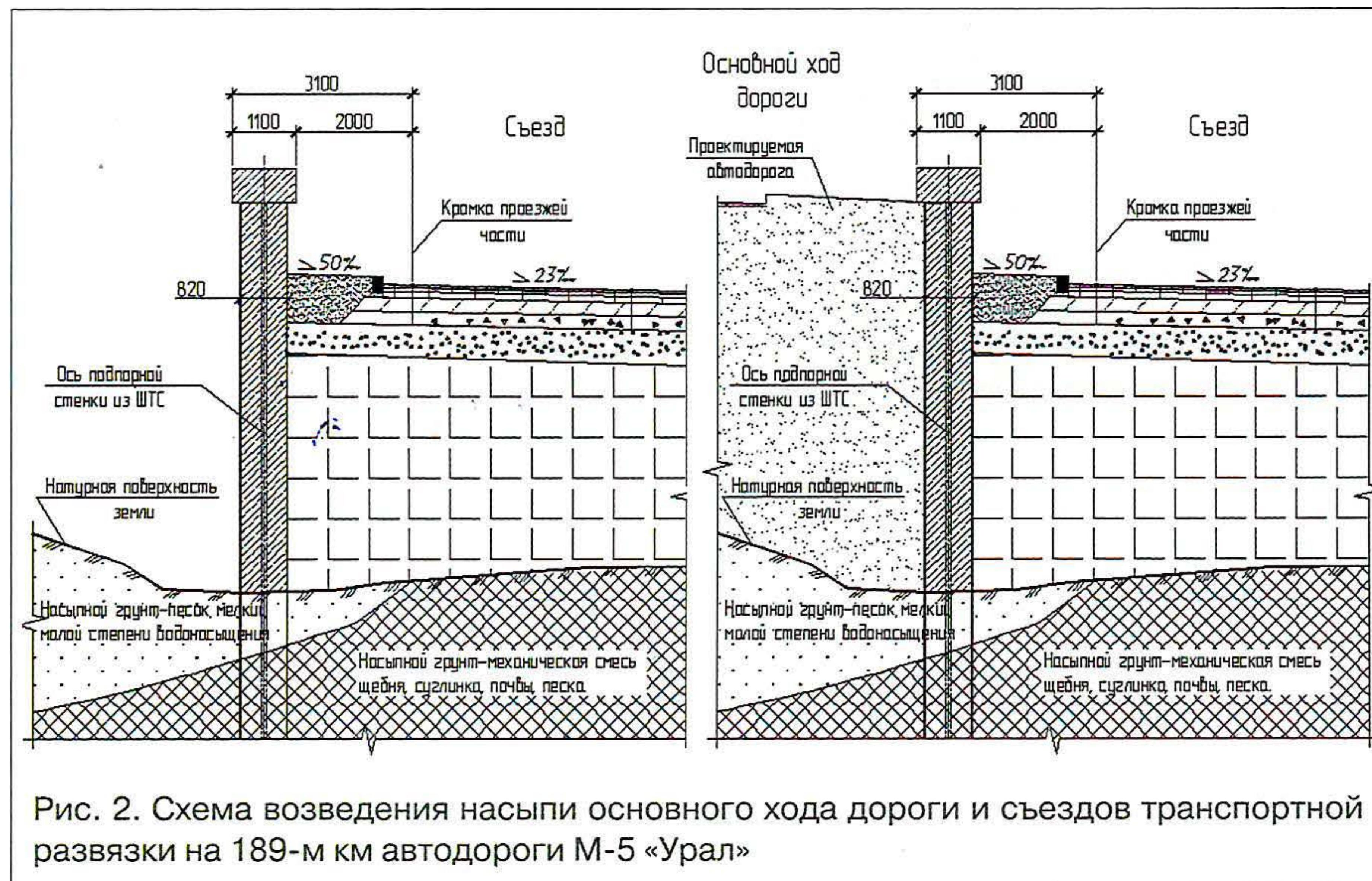


Рис. 2. Схема возведения насыпи основного хода дороги и съездов транспортной развязки на 189-м км автодороги М-5 «Урал»

«Росавтодор» разрабатывает отраслевой дорожный документ (ОДМ) «Методические рекомендации по применению трубчатого сварного шпунта при строительстве и реконструкции автомобильных дорог». Его содержание составят описания конструктивно-технологических решений и инженерных расчетов с использованием современных программных комплексов, технические требования, обеспечивающие надежность, долговечность и безотказность инженерных сооружений из ШТС в дорожной отрасли. Схематичные изображения таких объектов (мо-

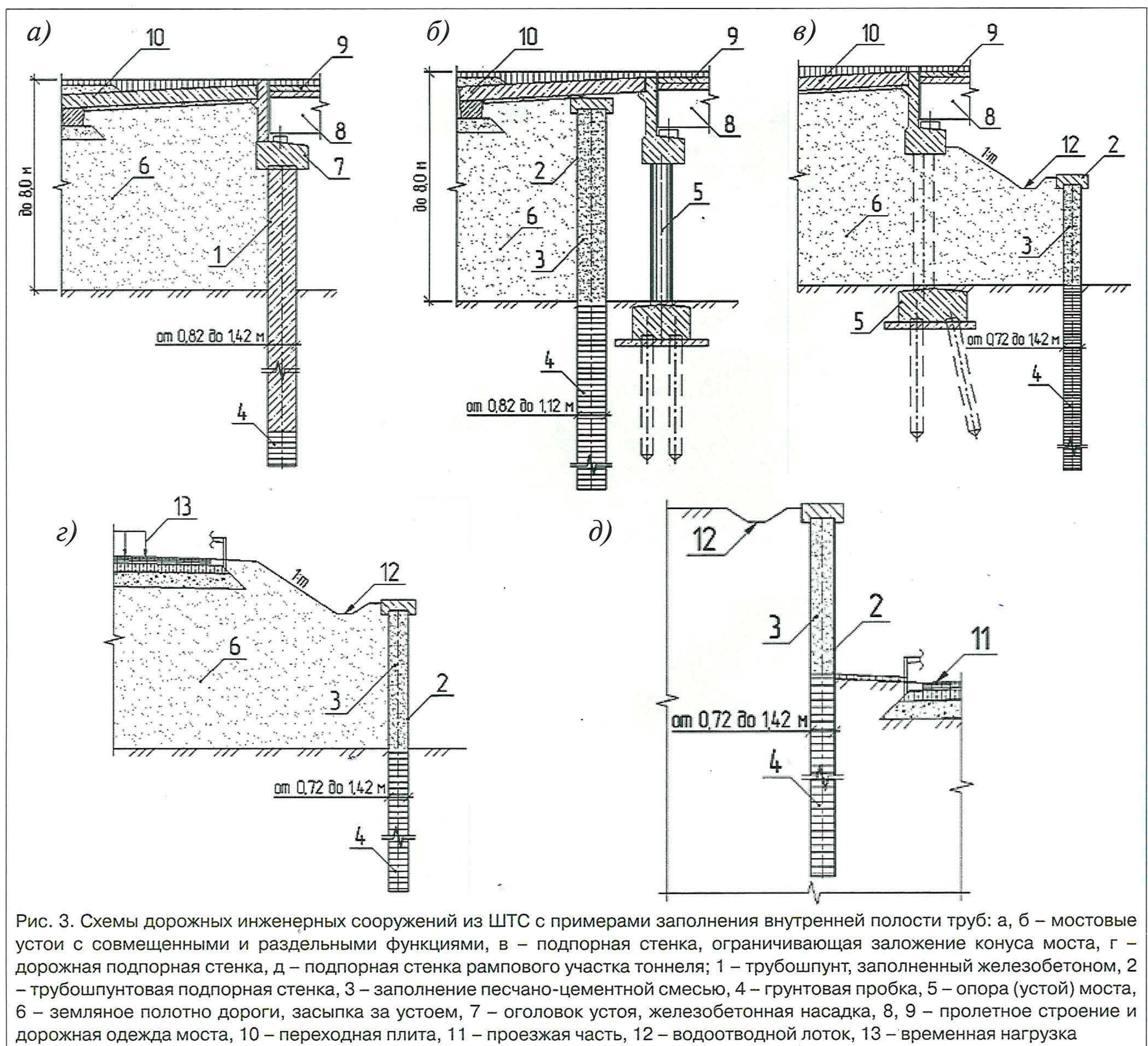


Рис. 3. Схемы дорожных инженерных сооружений из ШТС с примерами заполнения внутренней полости труб: а, б – мостовые устои с совмещенными и раздельными функциями, в – подпорная стенка, ограничивающая заложение конуса моста, г – дорожная подпорная стенка, д – подпорная стенка рампового участка тоннеля; 1 – трубопункт, заполненный железобетоном, 2 – трубопунтовая подпорная стенка, 3 – заполнение песчано-цементной смесью, 4 – грунтовая пробка, 5 – опора (устой) моста, 6 – земляное полотно дороги, засыпка за устоем, 7 – оголовок устоя, железобетонная насадка, 8, 9 – пролетное строение и дорожная одежда моста, 10 – переходная плита, 11 – проезжая часть, 12 – водоотводной лоток, 13 – временная нагрузка

стовых устоев, дорожных подпорных стенок, рамповых участков тоннелей) и их ожидаемые параметры показаны на рис. 3.

При работе над ОДМ было выполнено технико-экономическое сравнение трех вариантов небольшого мостового сооружения (рис. 4), один из которых включает бесконусные устои из трубошпунта с разделением функций удержания вертикальной грани подходной насыпи и опирания пролетного строения моста.

Данные табл. 1 показывают конкурентоспособность конструкций из трубошпунта по сравнительной сметной стоимости. Вместе с тем формальные показатели сметной стоимости не могут отразить отмеченные выше технические и технологи-

Таблица 1. Сравнительная сметная стоимость вариантов путепровода

Варианты путепровода на рис. 4

|  | Сметная стоимость, млн рублей |
|--|-------------------------------|
| Схема 1 – путепровод с устоями из ШТС                        | 70,2                          |
| Схема 2 – однопролетный путепровод с железобетонными устоями | 69,1                          |
| Схема 3 – трехпролетный путепровод с обсыпными устоями       | 83,9                          |

ческие достоинства ШТС, обеспечивающие их предпочтительность при равных финансовых затратах.

Методические рекомендации содержат обобщение накопленного опыта строительства из трубошпунта и изложение его применительно к условиям дорожных инженерных сооружений. Это относится к таким вопросам, как заводское изготовление ШТС, конструирование

и строительство трубошпунтовых систем, антикоррозийная защита и обеспечение долговечности, мониторинг и техническое содержание.

Новым, отличающимся от того, что было сделано до этого, станет раздел, относящийся к расчетам при проектировании мостовых устоев и дорожных подпорных стенок из трубошпунта. Расчетный раздел Методических рекомендаций включает в себя разработку инженерного метода, основанного на известных положениях теории. Его алгоритмы отражают условия дорожных сооружений и предупреждаемые расчетами предельные состояния. Последовательность и содержание расчетов изложены в форме, доступной для практического применения.

Инженерный метод состоит из расчетов по двум схемам (рис. 5а, б):

– по комбинированной расчетной схеме, сочетающей теории предельного напряженного состояния грунта и метода местных упругих деформаций с треугольной формой распределения коэффициента постели;

– по расчетной схеме предельного равновесия моментов при повороте шпунтового ряда относительно некоторой точки, лежащей на оси подпорной стенки.

В состав раздела включено описание расчета мостовых устоев и дорожных подпорных стенок по методу конечных элементов с использованием решения упругопластической задачи механики грунтов по известным российским специалистам программам PLAXIS, MidasGTS.

Рекомендуемые методы расчета дорожных инженерных сооруже-

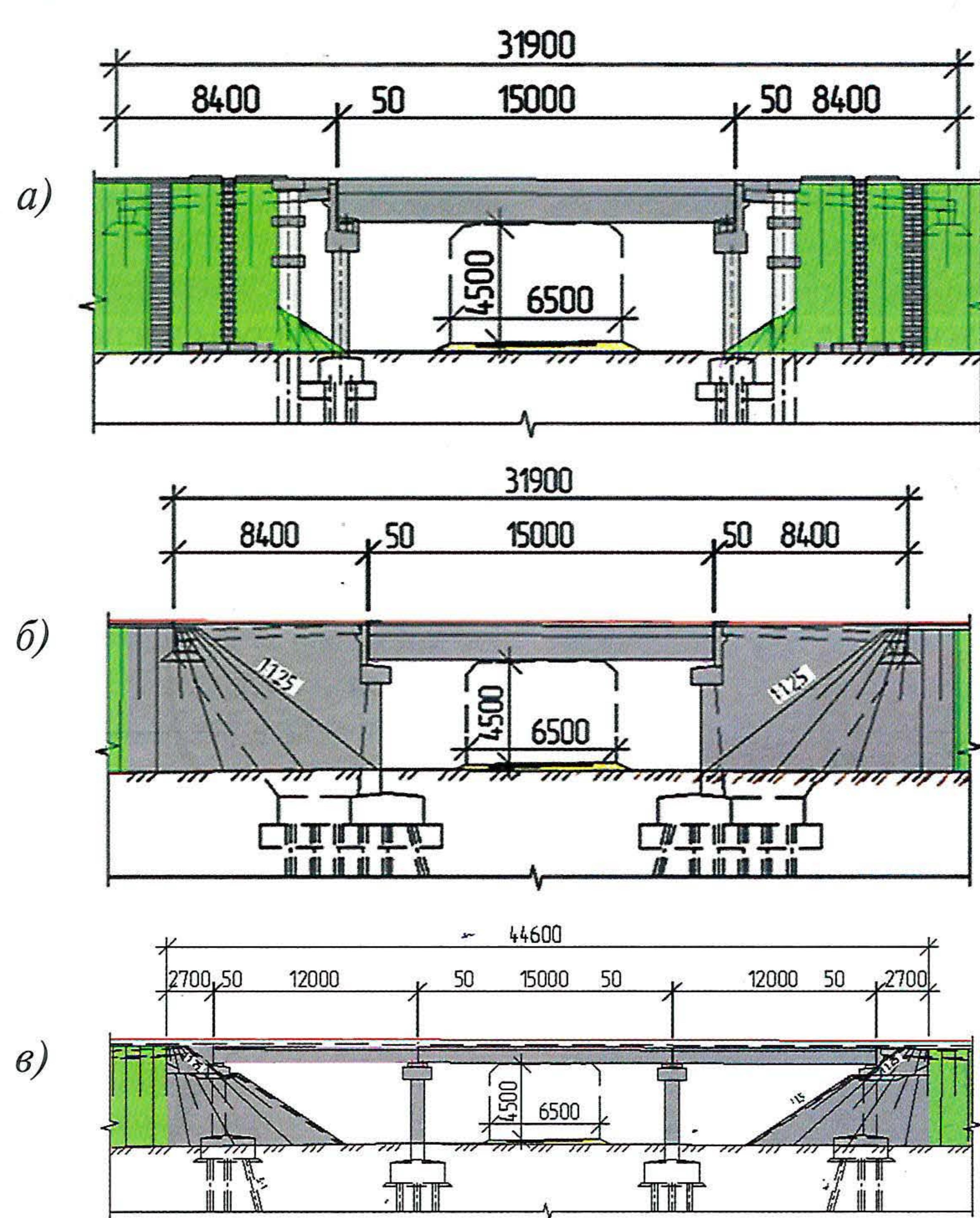


Рис. 4. Схемы вариантов путепровода: а – схема 1, путепровод с устоями из ШТС, б – схема 2, однопролетный путепровод с устоями из железобетона, в – схема 3, трехпролетный путепровод с обсыпными устоями

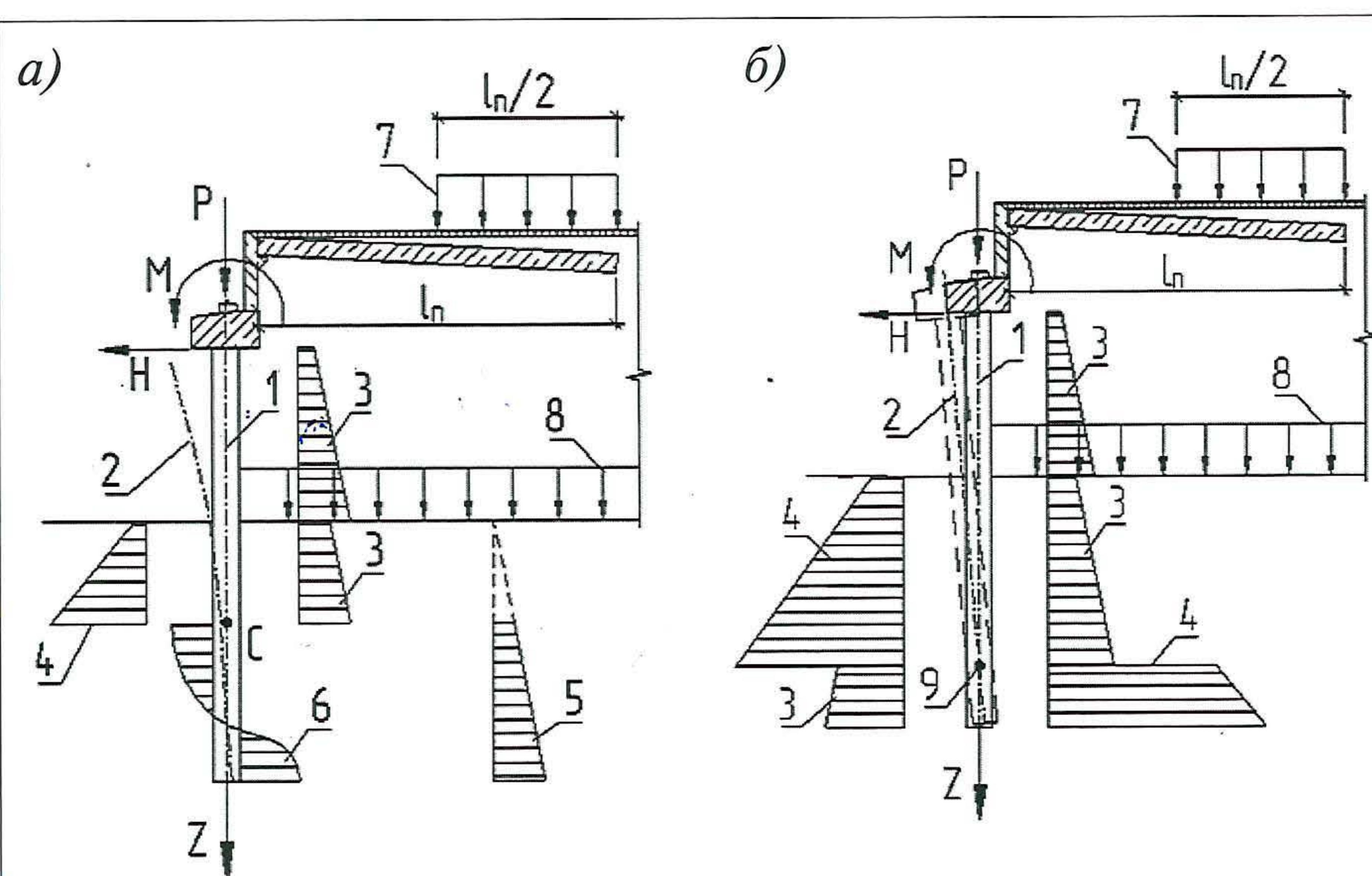


Рис. 5. Расчетные схемы инженерного метода расчета мостовых устоев: а – комбинированная расчетная схема, б – расчетная схема предельного равновесия моментов при повороте шпунтового ряда; 1, 2 – первоначальная и деформированная оси устоя, 3 – эпюры активного давления грунта, 4 – эпюры пассивного давления грунта, 5, 6 – эпюра распределения коэффициента постели и контактных давлений в заделке шпунтовой стенки, 7 – нагрузка, передаваемая на насыпь переходной плитой, 8 – давление на основание, 9 – ось поворота шпунтового ряда

ний из трубошпунта дополнены описаниями нормативных и расчетных нагрузок, комплексов проверок по предельным состояниям.

На рис. 6 приводятся результаты расчета примера подпорной стени в составе мостового устоя по методам, включенным в ОДМ.

Изложенное выше позволяет сделать следующие выводы.

Внедрение опыта строительства гидротехнических объектов из трубчатого сварного шпунта позволит создать новую конкурентоспособную разновидность инженерных сооружений в дорожной отрасли. Первые успешные примеры строительства дорожных объектов уже существуют. Разработка ОДМ «Методические рекомендации по

применению сварного трубчатого шпунта при строительстве и реконструкции автомобильных дорог» позволит обобщить имеющийся опыт, дополнить его современными методами инженерных расчетов, вооружить проектные и строительные организации нормативными данными и необходимыми знаниями.

#### Литература

1. Инновационная высокотехнологичная отечественная продукция. Шпунт трубчатый сварной ГОСТ 52664-2010: справочное пособие: проектирование и строительство / В.В. Гончаров, Н.А. Ефремов, В.Н. Слинко и др. – Сургут, Москва: Спец-Адрес, 2013. – 248 с.

2. Гончаров В.В. Новые конструктивно-технологические решения подпорных стен из сварного трубчатого шпунта // Транспортное строительство. – 2010. – №1. – С. 28–31.

3. Гончаров В.В. От программы «Мировой уровень» к мировому уровню // Транспортное строительство. – 2009. – №5. – С. 4–7.

4. Инновации в развитии береговой инфраструктуры для нефтегазовой отрасли с применением шпунта трубчатого сварного // Сфера. Нефть и газ. – 2015. – №2. – С. 90–99.

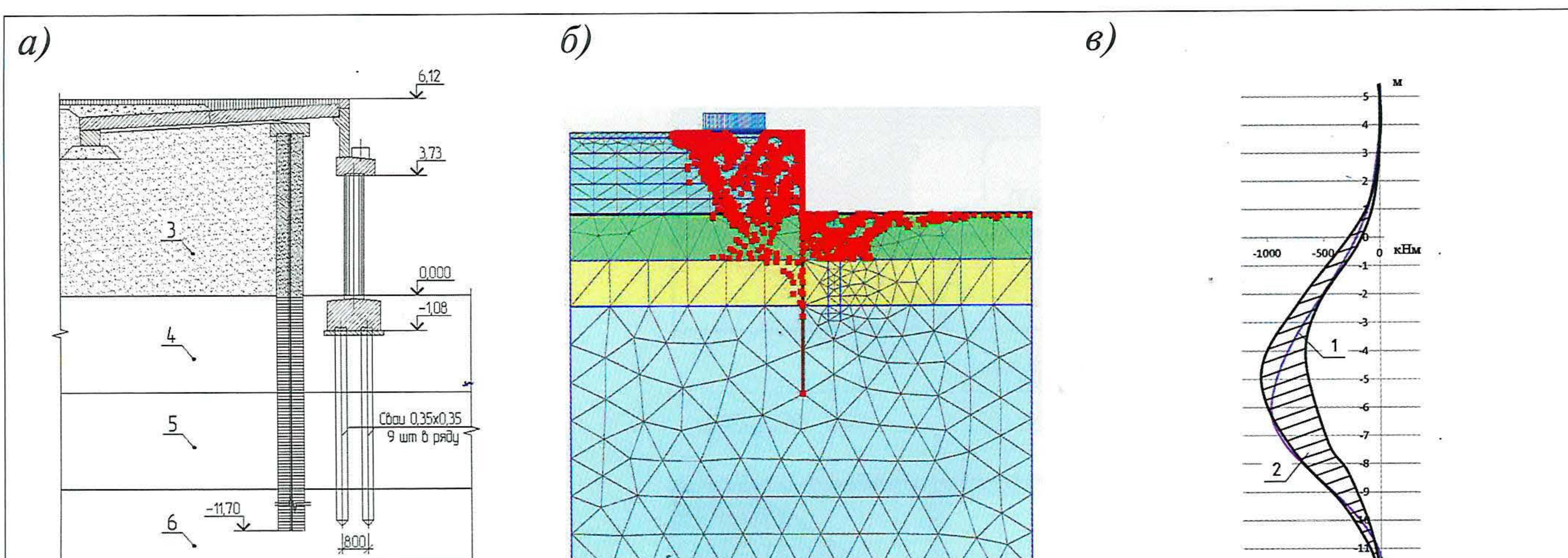


Рис. 6. К расчету мостового устоя по инженерному и численному (упругопластическому) методам: а – схема устоя высотой 6 м с раздельными функциями, б – области пластических деформаций (отмечены красным цветом) по результатам упругопластического расчета, в – сравнение эпюр изгибающих моментов: результат расчета по комбинированной расчетной схеме (1) и область (2) величин моментов, по упругопластическому расчету с использованием программы PLAXIS; 3 – насыпь из мелкого песка (угол внутреннего трения  $\phi = 30^\circ$ , удельный вес  $\gamma = 17,7 \text{ кН/м}^3$ ), 4 – песок мелкий (удельное сцепление  $c = 0,1 \text{ кПа}$ ;  $\phi = 27,8^\circ$ ;  $\gamma = 18,6 \text{ кН/м}^3$ ), 5 – суглинок тугопластичный ( $c = 15,3 \text{ кПа}$ ;  $\phi = 18,3^\circ$ ;  $\gamma = 18,9 \text{ кН/м}^3$ ), 6 – глина полутвердая ( $c = 36 \text{ кПа}$ ;  $\phi = 16,5^\circ$ ;  $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$ )