

Получена: 15.09.2017 г.

Приета: 22.12.2017 г.

ОЦЕНКА НА ХИДРОИЗОЛИРАНЕТО И ОТВОДНЯВАНЕТО ЗА ПОДДЪРЖАНЕТО И ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА ТРАНСПОРТНИТЕ СЪОРЪЖЕНИЯ

Е. Иванова¹, Д. Митева², Ст. Диновски³

Ключови думи: хидроизолация, системи за отводняване, транспортни съоръжения, настилка

РЕЗЮМЕ

Липсата и/или некачественото проектиране и изпълнение на хидроизолацията и отводнителните системи при транспортните съоръжения, се явява причина за поява на дефекти и повреди по основните конструктивни елементи и тези с носеща функция. Въздействията върху конструкциите от вода, сняг, лед, включително в комбинация с повърхностно активни вещества, пряко влияят върху транспортните условия, а при определени случаи и върху дълготрайността и експлоатационната годност на конструкциите, което налага изпълнението на скъпи ремонтни и/или рехабилитационни дейности по тях. В статията са представени примери от практиката, които показват лоши и добри практики в направлението.

¹ Евелина Иванова Иванова, доц. д-р инж., кат. „Транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: kiki1975@abv.bg

² Десислава Митева, ас. инж., кат. „Транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: des.miteva@gmail.com

³ Стефан Диновски, инж., stefandinovski@abv.bg

1. Въведение в проблематиката

1.1. Общи положения

Транспортните съоръжения (водостоци, мостове и тунели) са елемент на пътните и железопътни трасета и са конструкции с голяма обществена значимост, поради ролята си на комуникационна и транспортна връзка. Местоположението им в рамките на инфраструктурните проекти, при разнообразни теренни (географски) и климатични условия, ги прави изложени в голяма степен на неблагоприятни въздействия и влияния. Това налага изграждане на система от мероприятия, свързани с поддръжката и рехабилитацията на всяко едно съоръжение, необходими за гарантиране на проектните им характеристики през заложените експлоатационен срок и за намаляване на необходимостта от ремонт, реконструкция или подмяна.

В България през последните 15 години са направени редица обследвания, които регистрират тенденция за занижени експлоатационни показатели, които се нуждаят от ремонтни и възстановителни дейности с различно ниво на спешност.

1.2. Основни причини за повреди по транспортните съоръжения у нас

Най-често срещаните проблеми, които се регистрират по елементи на транспортните съоръжения, са: намаляване на износоустойчивостта и поява на повреди, разрушения и деструкции по конструктивните и неносещите им елементи. Основните въздействия, причина за тях, са:

1.2.1. Статични и динамични въздействия (постоянни, променливи)

1.2.2. Широк температурен диапазон

1.2.3. Пожари и аварийни процеси, сеизмични въздействия

1.2.4. Вредни вещества от експлоатацията или от околната среда, които предизвикват корозия на бетона и стоманата, и други

1.2.5. Ерозия на бетона от повърхностни или почвени води, пукнатини и обрушвания от циклично замразяване и размразяване

1.3. Видове повреди по транспортните съоръжения в контекста на хидроизолирането и отводняването:

От направени заснемания на различни транспортни съоръжения (вж. [4] и [5]), се оформя следната тенденция – липсваща, износени и/или некачествено проектирани и изпълнени изолационни части и отводнителни системи. Тези недостатъци на предпазните системи се оказват основна причина за повредите по функционалните части на конструкциите, по пътната настилка, при тротоарите, по самата отводнителна система и дилатационните фуги (подробно описани [2] до [6]).

Анализът показва, че е необходима преоценка на степента на значимост на въздействията от вода, вятър, сняг, лед, повърхностно активни вещества (размразяващи

соли) и комбинации от тях върху дълготрайността и експлоатационната годност на съоръженията. Последиците са в широк диапазон, от директно повлияване на транспортните условия до увреждания по конструкциите, които изискват скъпи ремонтни, рехабилитационни дейности за тяхното усилване и/или възстановяване.

2. Хидроизолация при конструкции

2.1. Общи положения

Основното предназначение на хидроизолациите е да предпазват конструктивните елементи на сградите и инженерните съоръжения от агресивното действие на течни среди, което може да доведе до процеси, които занижават дълготрайността на бетона и стоманата и съответно намаляват експлоатационният им живот. Основен първоизточник на това са процесите на корозията при циментовите материали, предмет на много изследвания [10] и [11]. Една от възприетите съвременни концепции за корозия на бетона и стоманобетона, при наличие на течни среди, ги разделя в три случая [9]:

Случай 1 – корозия, свързана с действието на водна среда с ниско съдържание на сол с преобладаващо неутрална реакция. Най-често се наблюдават процеси на разтваряне и отмиване на състави от свързващото вещество.

Случай 2 – корозия под въздействието на много агресивни среди, например киселини, алкали, някои соли (натриев или магнезиев хлорид) и други. При транспортните съоръжения често срещан е случаят на корозия под действието на въглеродна киселина, образувана от взаимодействието на въглероден диоксид с вода.

Случай 3 – корозия, причинена от проникване в порите на бетона течна субстанция, съдържаща компоненти, които образуват неразтворими кристални съединения. Такава е сулфатната корозия, където при контакт с воден разтвор на основата на сулфати (натриеви, магнезиеви, други), протичат химични реакции, в следствие на които се образуват кристали. Водеща за пристанищни конструкции (в зони на приливи и отливи, подложени на циклично мокрене-изсъхване и/или замразяване-размразяване). Те трябва да се изпълняват със сулфатоустойчив бетон (Клас XS), а наличието на сулфати и хлориди в морската вода налага използването на водопълтен бетон, за да се сведе до минимум възможността за корозия на стоманената армировка.

Според цитираното в [10], най-честите причини за корозия на бетонни и стоманобетонни конструкции са агресивно действие на солени флуиди (предимно сулфатна и морска вода), киселинни атаки, включително карбоната, алкално-силициева реакция, ефлоресценция и замразяване-размразяване (замръзване).

2.2. Хидроизолацията при мостовите съоръжения

При мостовите съоръжения, неносещите части (тротоарен блок и др.) и пътната плоча са елементи, подложени на директно вредно въздействие на водата.

Тротоарните елементи се осигуряват с отводнителни наклони и с използване на бетон с висок клас по водонепропускливост (Cw...) и мразоустойчивост (Cfr...), а на носещите части бетон, устойчив на въздействията от околната среда (XC), се осигурява ефективна защита на стоманата от корозия.

За да се осигури цялостната защита на материалите от деструктивното действие на водата, което заедно с различни химически вещества, използвани при зимното под-

държане, действа изключително агресивно върху бетонните повърхности, трябва да се предвидят допълнителни мерки, за да бъде предотвратен контактът между двете. Изпълнението на многослойна хидроизолация се оказва от първостепенна важност за запазване на физико-механичните качества на материала на конструкциите, а оттам и за гарантиране на експлоатационната годност на съоръженията. Днес в практиката са познати различни системи и начини за изпълнение на хидроизолация, която да покрива редица качествени и количествени показатели.

2.2.1. Битумна хидроизолация на мостове

Те са най-широко разпространените материали, използвани за хидроизолация на мостове. Продуктовата гама включва листови, рулонни или мазани материали. Този тип хидроизолация е подходяща за предпазване на фундаменти, всички части на долното строене и връхната конструкция. Стриктното спазване на технологията, съобразно условията на полагане на битумните хидроизолации, е ключово изискване за постигане на висококачествена защита с необходимите физико-механични показатели.

а. Рулонни битумни хидроизолации

Това е най-прилаганата по вид изолация за мостове. В миналото този вид хидроизолации са изисквали изпълнение на пласт от армиран предпазен бетон. Съвременните битумни хидроизолационни продукти позволяват директно полагане на асфалтовата смес, чрез включването на модификатори, подобряващи физико-механични свойства на материала (топлоустойчивост, добра адхезия, устойчивост на трафик). За да се постигнат продуктите характеристики с отношение към дълготрайността, трябва да се спазват правила за изпълнение на изолациите.

Първият етап на полагането на материала е подготовка на основата, за да бъде чиста, без пукнатини и с изравнена повърхност, което пази от обемно деформиране и/или разкъсване на материала.

Втори етап – грундиране, основен начин за осигуряване на необходимите качества на основата, който премахва и фините прахови частици и така гарантира необходимата степен на адхезия на хидроизолацията с повърхностите, които подлежат на защита.

Трети етап – газопламъчно залепване на хидроизолацията с разтопяване на битума по цялата долна повърхност. Снаждащите ленти да се изпълняват със застъпване.

Четвърти етап – изпитване на готовия хидроизолационен пласт.

Най-често прилаганите рулонни битумни хидроизолации за мостове са следните:

- рулонните хидроизолации, модифицирани с атактен полипропилен (APP полимери) битум – фиг. 1;
- изолациите с битум, модифициран със стирен-бутадиен-стирен (SBS);



почистване



нанасяне на грунд

Фиг. 1.1. Етапи 1 и 2 на изпълнение на полимер-битумна хидроизолация за стоманобетонни пътни мостове – инфраструктурният обект е АМ „СТРУМА“ ЛОТ 2 „Дупница – Благоевград“ [13]



газопламъчно залепване на хидроизолационната мембрана



изпитване на готовата хидроизолационна повърхност

Фиг. 1.2. Етапи 3 и 4 на изпълнение на полимер-битумна хидроизолация за стоманобетонни пътни мостове – инфраструктурният обект е АМ „СТРУМА“ ЛОТ 2 „Дупница – Благоевград“ [13]



полагане на асфалтова настилка



XII мембрана за мостове на „Хидромат“

Фиг. 1.3. Етап 5 на изпълнение на полимер-битумна хидроизолация за стоманобетонни пътни мостове – инфраструктурният обект е АМ „СТРУМА“ ЛОТ 2 „Дупница – Благоевград“ [13]

б. Студенополагачи се хидроизолации

Студенополагачите се хидроизолации представляват дву-компонентна полимер-битумна смес, чиито съставки се смесват непосредствено преди полагането. Готовата смес се разстила по повърхността на връхната конструкция и отгоре се покрива с предпазни платна. Образува се равен и гладък пласт, без fugи с много добра адхезия с основата. Този вид хидроизолация се полага без предварително грундиране, върху суха и добре почистена повърхност от прах, масла, други, което я прави подходяща при ремонти.

2.2.2. Хидроизолации на база полимери

Течни хидроизолационни състави – съгласно Наредба № РД-02-20-2/2016 г. Насят се върху бетонната повърхност с пръскане на основата на активен спрей. Крайната мембрана е еластична, водонепроницаема, устойчива на температурни вариации, стареене и киселинни/алкални разтвори. Другите материали са битумно-полимерни хидроизолационни мушамы, третирани в БДС EN 14695:2010 / NA:2015.

2.3. Хидроизолация на тунели

2.3.1. Общи положения

Поради спецификата на проектиране и изпълнение, този вид съоръжения разширяват типовите решения с използване на уникални и/или нови подходи в зависимост от конкретния случай. Значимостта и финансирането на проектите са основни показатели, които залагат възможността за прилагане на системи от нововъведения в областта на подземното строителство. Правилният и технически обоснован избор на вида хидроизолация в зависимост от специфичните геоложки условия стъпва на иновации и конкурентност на проектите като цена, за да се обезпечи в най-голяма степен експлоатацията на този вид транспортни съоръжения.

В проектирането се залага изискване да не се позволи достъп на вода във вътрешността на съоръжението, което обуславя хидроизолирането и отводняването при тунелите като основна задача при изпълнението или ремонтните дейности. Слабостите в проектирането и/или полагането води до нарушаване на целостта на конструкцията и до намаляване на нейните надеждност и дълготрайност, което определя високи експлоатационни разходи и допълнителни такива за ремонт и възстановяване в дългосрочен план.

Важни условия при избора на правилната хидроизолация на един тунел:

- финансово най-изгодната цена за квадратен метър, без компромис с качеството при изпълнение и с ефективността през експлоатационния срок;
- поведение през експлоатационния период на съоръжението;
- рискове, разходи и последици за околната среда при евентуалното ѝ компрометиране.

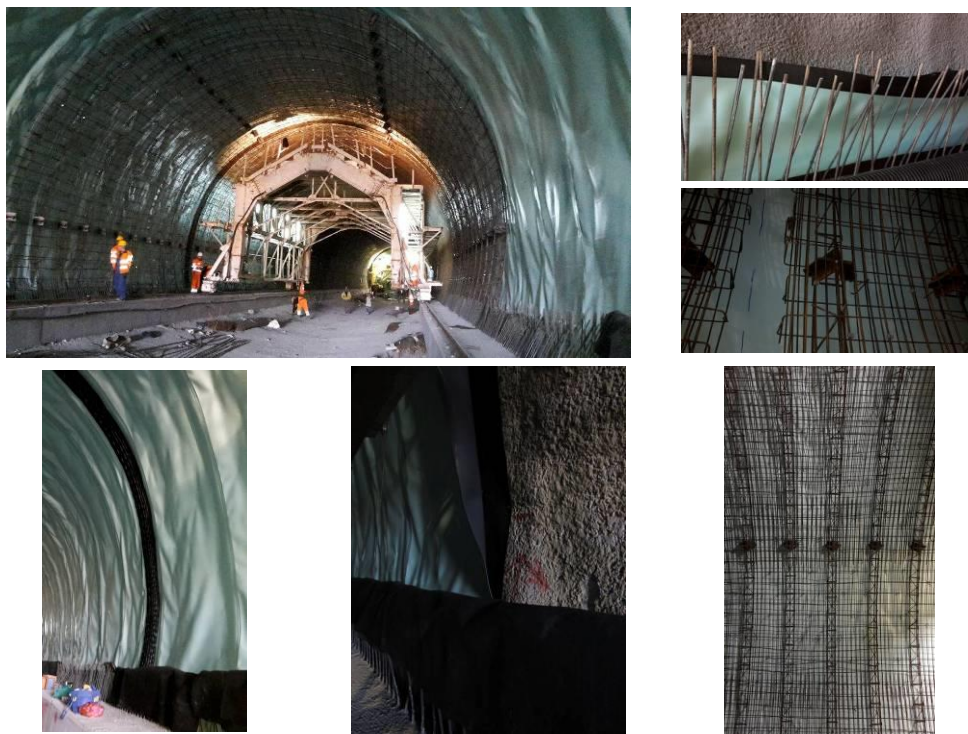
Последователност при изпълнение на хидроизолационния пакет при тунели (част от етапите могат да се видят на фиг. 2 и фиг. 3):

- механична защита от страна на почвената/скалната среда от релефна мембрана HDPE, геотекстил (препоръчително е $> 500 \text{ g/m}^2$) и други;
- площен дренажен пласт, с помощта на който водата се събира и отвежда до перфорирани отводнителни тръби. При някои проекти този пласт съвместява и механичното предпазване на хидроизолационните листови мембрани;

- полагане на листови (рулонни) или мазани (течни) хидроизолационни материали;
- предвижда се и предпазен пласт, за да се избегне механично увреждане на хидроизолацията откъм видимата страна. Той може да бъде от защитна облицовка при двукомпонентните конструкции или от армировъчна мрежа, върху която се изпълнява пръскан бетон или разтвор (торкрет), когато в проекта не се предвижда основна облицовка.

Таблица 1. Варианти за изпълнение на хидроизолационните слоеве

Варианти	Последователност на работата	Предимства	Недостатъци
Вариант 1	Хидроизолацията да бъде изпълнена от страната на водния напор (или от към земната основа)	Хидроизолацията не допуска проникването на вода до стоманобетонната конструкция	При констатиране на повреди по изолационните слоеве, отстраняването им е трудно и е свързано с разход на големи средства
Вариант 2	От вътрешната страна на конструкцията	Не зависят от атмосферните условия; повреди и дефекти могат да се отстраняват и по време на експлоатацията на съоръжението	Наличието на агресивни води може да доведе до сериозни проблеми и компрометиране на конструкцията; поради хидростатичното налягане на подпочвените води съществува и възможността хидроизолационният пласт да се отлепи от основата



Фиг. 2. Изпълнение на хидроизолация на тунели по АМ „СТРУМА“



Фиг. 3. Разширение на метро София – Първи метродиаметър, участък от бул. „Цариградско шосе“ (МС19) до летище София (МС23) [13]

При строителството за реализиране на хидроизолацията са използвани следните материали – за хидроизолация геотекстил и тунелна PVC хидроизолация 2 mm с точково заваряване – двоен заваръчен шев. Допълнително са приложени PVC водоспиращи ленти за работни фуги без компенсатор и PVC водоспиращи ленти за дилатационни фуги с компенсатори [13].

3. Примери за повреди и дефекти при некачествено изпълнени или липсващи хидроизолационни и отводнителни системи

Въздействията върху конструкциите от вода, сняг, лед, включително в комбинация с размразяващи соли (ПАВ), пряко влияят върху транспортните условия, а при определени случаи и върху дълготрайността и експлоатационната годност на конструкциите.

Слаби места в конструкциите на транспортните съоръжения са лошо проектирани и изпълнени фуги, грешки и/или повреждане на отводнителните и водоотвеждащите системи, липса или повреждане на хидроизолационните пакети и други.

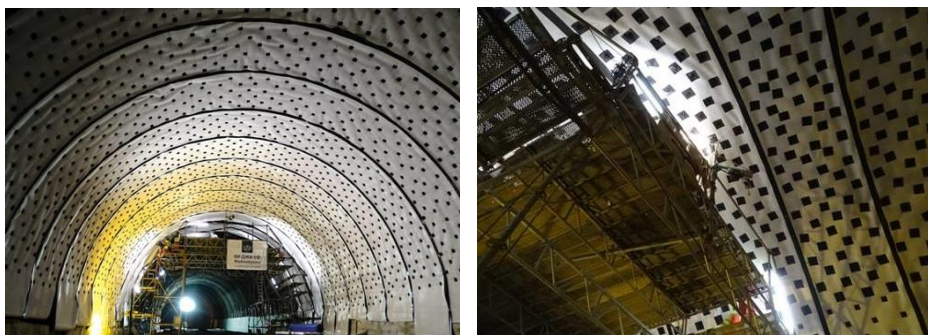
Наличието на недостатъци или липсата на предпазни системни решения при експлоатацията на транспортните съоръжения, води до повреди и дефекти в елементите на конструкциите, които са предизвикани от изредените влияния на околната среда. За да се минимизират последствията и да се отстранят деструкциите, се изпълняват ремонтни и/или рехабилитационни дейности. Съвременните технологии при санирането в

строителството позволяват качество при съкратени срокове на изпълнение, често при частично запазване на функционирането.

3.1. Фуги и степен на хидроизолиране



Фиг. 4. Тунел под бул. „Драган Цанков” – течове и овлажняване през работни фуги и пукнатини. Инжектиране на локални течове през работни фуги и/или пукнатини [1]



Фиг. 5. Ремонтни дейности по тунелите на Витиня [15], [18]

3.2. Отводнителни системи при мостове [13]

След направени обследвания за състоянието на мостовите съоръжения у нас резултатите показват, че най-честата причина за поражения по основните конструктивни елементи е в следствие на неправилно проектирани и изпълнени системи за отводняване. Най-често се наблюдават липсващи тръби, които са с недостатъчна дължина под мостовите плочи. Те позволяват обливане на повърхностите на елементите от връхните конструкции, а понякога и значителна част от долното строене на мостовете. Ефектите от това мокрене са особено неблагоприятни през зимните месеци, когато във водата, която минава през тръбите, са разтворени хлоридите на противообледителните добавки. Лошата поддръжка на останалите елементи, изграждащи цялостната отводнителна система, като воронки, тръби на отводнителите, бордюри и фуги, утежняват процесите на повърхностно въздействие и последващото проявление на повреди и дефекти.

Различните аспекти на този проблем са разгледани подробно в от [2] до [6].



Фиг. 6. Мост, кв. „Бакърена фабрика“ – гр. София



Фиг. 7. Ремонтни дейности на мостове по автомагистрала Хемус в района на тунел Витиня

3.3. Влияние на състоянието на пътните настилки върху хидроизолацията и отводняването при пътните тунели и малките транспортни съоръжения

В [6] подробно е описано влиянието на състоянието на пътните настилки в района на едно съоръжение върху хидроизолациите и отводнителните системи. Важно е още на ниво проект да се оценят възможните проблеми, които могат да произтекат от геометрията, вида на покритието и връзките им с конструкцията, защото експлоатационните характеристики, поддръжката на асфалтовите настилки и гарантирането на трафик-потока оказват индиректно влияние върху състоянието на основните конструктивни елементи на всяко транспортно съоръжение. Редицата изпълнени ремонтни дейности, през последното десетилетие, потвърждават тази неблагоприятна тенденция.

4. Изводи и заключение

Редица заснемания на действителното състояние (отклонения в геометрията, оценка на степента на износване и намаляване на състоянието на основните материали, налични дефекти и повреди и други) на транспортните съоръжения, показват, че много от изредените проблеми са в следствие на некачествено изпълнение, неправилна поддръжка, липса на изолационни системи срещу влияния на околната среда.

Анализът на причините, довели до влошаване на проектните параметри на елементите на конструкциите и на мероприятията за усилване и/или ремонт, води към следния извод:

Многокомпонентната оценка на реалните условия на експлоатация и прилагането на съвременни системни решения за хидроизолиране и отводняване на инфраструктурните съоръжения е в основата на гарантиране на дълготрайността и експлоатационната им годност, при свеждане до минимум на възстановителните дейности (ремонт, рехабилитация) по конструкциите им, а оттам и на финансовите потоци за поддръжка и възстановяване на инфраструктурни транспортни съоръжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Димов, Д., Минев, М., Иванова, Е.* Обследване на конструкцията на метротунела по трасето към комплекс „Младост“ между станции № 9 и № 10. // Годишник на Университета по архитектура, строителство и геодезия – София, юбилеен, 05.2007.

2. *Иванова, Е., Митева, Д., Гечев, Д.* Комбиниране на традиционните практики и нововъведенията при поддържането и рехабилитацията на пътни стоманобетонни мостове – част I. XV Международна научна конференция ВСУ 2015, том II, София, 2015.

3. *Иванова, Е., Митева, Д., Гечев, Д.* Комбиниране на традиционните практики и нововъведенията при поддържането и рехабилитацията на пътни стоманобетонни мостове – част II. XV Международна научна конференция ВСУ 2015, том II, София, 2015.

4. *Иванова, Е., Митева, Д., Кълвачев, Хр., Стайков, Ил.* Проучване на състоянието на мостови съоръжения в град София – част I. XVI Международна научна конференция ВСУ 2016, София, 2016.

5. *Иванова, Е., Митева, Д., Кълвачев, Хр., Стайков, Ил.* Проучване на състоянието на мостови съоръжения в град София – част II; XVI Международна научна конференция ВСУ 2016, София 2016.

6. Митева, Д. Анализ на състоянието на пътните настилки при пътните тунели и малките транспортни съоръжения. XVII Международна научна конференция ВСУ 2017, София, 2017.

7. Лекция 25-27, 10/11ХТФ252627SVDS, Химия на строителните свързващи вещества, http://www.uacg.bg/filebank/acadstaff/userfiles/study_bg_233_LMBinders.pdf.

8. БИС, БДС EN 206:2014, Бетон. Спецификация, св., производство и съотв., 2014.

9. Овчинникова, Т., Маринин, А., Овчинников, И. Коррозия и антикоррозионна защита железобетонных мостовых конструкций. Науковедение, 2014.

10. Allahverdi, A, Škvára, F. Acidic corrosion of hydrated cement based materials, *Ceramics – Silikaty* 44 (3), 2000.

11. Taylor, H.F.W. *Cement Chemistry*, Academic Press Limited, London, 1990.

12. <http://www.aco.bg/projects/infrastructure/>.

13. <http://www.hydromat.bg/bg/>.

14. <http://www.hobas.bg/prilozhenija/otvodnitelni-sistemi/otvodnjavane-na-letishcha.html>.

15. <http://layher.bg/new>.

16. http://www.novostroy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=95:vandexproj9&catid=37:cvandexprojectdecisions&Itemid=60.

17. <http://stroiteli.elmedia.net/>.

18. <http://www.vjf.bg/>.

EVALUATION OF THE WATERPROOFING AND DRAINAGE SYSTEM FOR MAINTENANCE AND EXPLOITATION OF THE TRANSPORT FACILITIES

E. Ivanova¹, D. Miteva², St. Dinovski³

Keywords: waterproofing, drainage systems, transport facilities, pavement

ABSTRACT

The lack and/or the poor quality design and execution of waterproofing and drainage systems in transport facilities is one of the reasons for causing defects and damages on the major structural elements and elements with non-bearing function. The effects of water, snow, and ice on structures have a direct impact on transport conditions and in certain cases also on the durability and operational suitability of the structures, which necessitates the implementation of expensive repair and/or rehabilitation activities. The paper presents examples of poor and good practices on the topic.

¹ Evelina Ivanova, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Transport Structural Facilities", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: kiki1975@abv.bg

² Desislava Miteva, Eng., Dept. "Transport Structural Facilities", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: des.miteva@gmail.com

³ Stefan Dinovski, Eng., Sofia, stefandinovski@abv.bg