Механика Транспорт Комуникации

Научно списание

ISSN 1312-3823

брой 3, 2009 г.

статия № 0408

http://www.mtc-aj.com

ОТВОДНЯВАНЕТО – ВАЖНО МЕРОПРИЯТИЕ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИЯТА НА ЖП ЛИНИИ

Милчо Лепоев
milcho_lepoev@yahoo.com

УАСГ, 1000 София, бул. „Хр. Смирненски” №1
БЪЛГАРИЯ

Резюме: *Разглеждат се начините за отводняването на земното платно и горното строене на жп линии, с оглед осигуряване стабилността на железния път за постигане проектните скорости. Описани са видовете отводнителни съоръжения и методи за оразмеряването им. Анализира се опитът на другите жп администрации. Препоръчват се проектни решения за отводняване при различен релеф на терена.*

Ключови думи*: отводняване, водосток, дренаж, водно количество, устои*

В оперативна програма „Транспорт” е предвидена модернизация на наши магистрални линии и изграждане на нови трасета за някои от тях. Основна задача на програмата е рязко повишаване скоростта за движение на влаковете и съответно намаляване времепътуването между големите селища на страната. Необходимостта от реконструктивните мероприятия е обоснована в редица публикации в списание „Железопътен транспорт” и отдавна очаквана от обществеността.

За да се достигнат и поддържат през продължителен период проектните скорости, наред с проектиране благоприятни параметри на трасетата, трябва да се спазват и редица други изисквания.

Стабилността и геометричната неизменяемост на жп линията, освен от качеството на вложените при строителството материали, зависят и от доброто отводняване, което гарантира бързото оттичане на водите извън конструкцията на земното платно.

При наводненията от последните години стана видно, че методите за проектиране и строителство у нас не са достатъчно сигурни и не разглеждат достатъчно подробно всички проблематики. Нормативните документи застъпват и разглеждат различни теми по отводняването при жп линиите, но има и голям брой оставени за конкретни проектантски решения. Това води до субективно и в много случаи неправилно решение при избирането на различни методи за оразмеряване, типове и размери на водоотводни съоръжения, начини за укрепване на откоси и др. В повечето случаи, при липса на конкретни изисквания се избира по-евтиното решение или изобщо не се предприема нищо. Всички видяхме какво се случва след продължителни години пренебрегване значимостта на правилното отводняването при железните пътища. Неправилното проектиране, некачественото строителство и недостатъчното поддържане доведоха до голям брой аварии (свличания и отнасяне на долното строене, активизиране на свлачища и срутища по откосите, затлачване на съоръжения и т.н.). Като се имат предвид и конкретните у нас условия за взаимоотношение между инвеститор, проектант и строител, трябва да се разработят в по-голяма подробност различните нормативни документи, за да се гарантира качеството на изгражданите трасета.

ВИДОВЕ СЪОРЪЖЕНИЯ, СЛУЖЕЩИ ЗА ОТВОДНЯВАНЕ НА ЖЕЛЕЗНИТЕ ПЪТИЩА

Отводняването на земното платно става чрез съоръжения, разположени напречно и надлъжно по трасето, като се делят на подземни и наземни устройства. Това са:

♦ мостове – съоръжения със светъл отвор над 5,00 метра. Върху тях не се изпълняват насипи, а направо се полага горното строене;

♦ водостоци – мостови съоръжения със светъл отвор до 5,00 метра включително. Обикновено се намират под насип;

♦ дренажи – понижаващи нивото на подземните води, капиляропрекъсващи и водоплътни пластове, плитки и дълбоки дренажи, дренажни завеси (подземни устройства за отводняване и изолиране на почвените води);

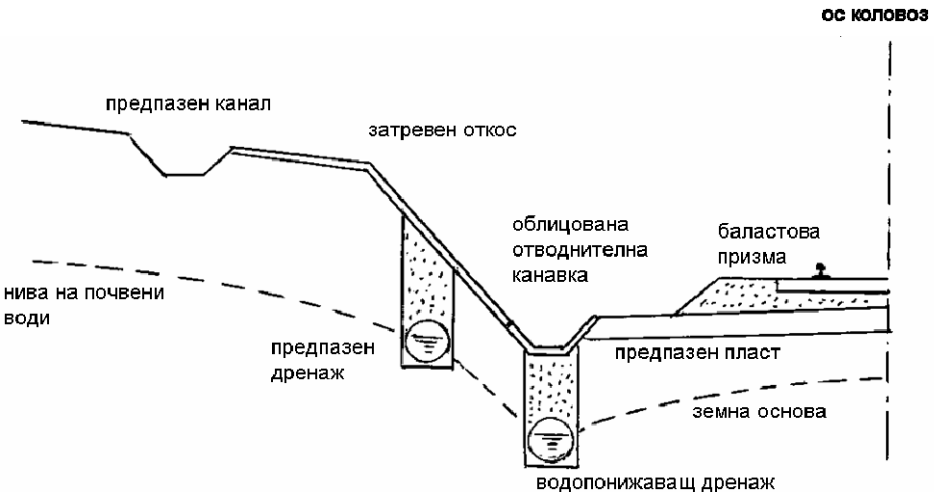
♦ канавки (пътни окопи), отводнителни тръби – надлъжни съоръжения, които биват земни, облицовани с плочи или изграждани от готови елементи;

♦ предпазни канали – те са най-често земни и предпазват откосите на изкопите от попадане на води от склоновете по тях.

Проблемите с проектирането на мостовете, определянето на размерите и оразмеряването на конструкцията им, са изложени в редица монографии, учебници и други публикации.

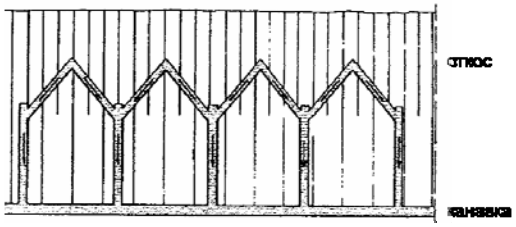
В настоящата разработка засягаме актуални проблеми, възникнали в нашата практика и в други страни през последните години, при проектиране на водостоци, канали, дренажи и други отводнителни съоръжения.

В напречния профил на железния път се очертават контурите на всички съоръжения, чрез които се отводнява земното платно (фиг.1).



Фиг.1 Напречен профил за отводнителни съоръжения

В изкоп напречният профил се оформя с канавки и берми край тях. Широчината на бермите е 1,10 m, но при ронливи скали може да се увеличи до 3,00 m. При направата на берми от земен материал, техният наклон следва да бъде 5%, за да се отвежда добре водата към отводнителните съоръжения. Тази берма се подравнява, за да може да се ползва като сервизен път. Откосите на изкопи в земна почва се охумусяват и затревяват, залесяват или укрепват чрез изграждане „ребра" от дрениращ материал (фиг.2).



Фиг.2 Изграждане „ребра" от дрениращ материал

Ръбът, който се получава от пресичането на откосната равнина на изкопа с терена, се закръглява, за да се предотврати разрушението му.

В „Инструкция за устройство и поддържане на земното платно за жп линии" като напречно сечение на канавките е дадено: предпазните окопи и канали е трапецовидно с наклон на откосите 1:1,5 и широчина на дъното не по-малко от 0,5 m и дълбочина, съобразно хидравличното оразмеряване. Те обаче могат да бъдат изградени и с облицовъчни плочи с облицовка от бетониран реден камък с готови елементи и др. Облицоването на канавките с плочи не е много сполучливо решение при изграждане в близост до трасето, поради факта че плочите се напукват или разместват една спрямо друга от вибрациите, създавани при движение на влаковете. Най-малкият допустим надлъжен наклон е 1‰, но по изчисления при неголеми водни количества е достатъчен и по-малък наклон от 0,5‰. При наклони под 3‰ и над 20‰ канавките и каналите се облицоват по някой от изброените начини. А при по-големи наклони от 50‰ (5%) се изграждат съоръжения за намаляване на скоростта. Канавките от двете страни на пътя се проектират със собствени нивелети.

Когато се налага, в изкоп и при опасност от високи подпочвени води или попадане на води от склона в основната площадка, се проектира и се изпълнява дренаж за дълбочинно отводняване под отводнителната канавка. За съжаление определянето на нивото на подпочвените води в повечето случаи не се или не може да бъде направено достатъчно точно. Минималният надлъжен наклон на дренажите е 3‰, а максималният – 50‰ (5%). В дренажите се полагат плътни и надупчени грънчарски (каменинови), керамични, бетонни или пластмасови (гладки или гофрирани) тръби.

В нормативните документи е дадено, че за облицоване на канавки могат да се използват коритообразни стоманобетонни елементи с дължина 200 cm и височина, в зависимост от провежданото количество вода, 30 cm и 50 cm. Това задължава проектанта да работи само с тези две канавки. В много случаи обаче, водните количества се получават доста по-големи и трябва да се търсят други размери и форми от горепосочените. Би трябвало да се дадат минимални и максимални размери в съответствие с възможността за почистване, височина, при която да се покриват задължително и т.н.

Не достатъчно са обясненията в нормите за причините и съображенията при изискване на дадено ограничение. Това неминуемо води до сляпото му спазване дори и в случаите, когато е видно, че то не е най-правилното решение.

В нормите за проектиране на железопътни линии и железопътни гари от 1991 г. отводнителните канавки на железопътните линии I и II категория (скорост на движение съответно 160 km/h и 130 km/h) се изисква да се облицоват. Удачно би било канавките, полагани в близост до линията в изкоп при ново строителство или реконструкция на жп магистрали и линии I категория и всички двойни линии, да се изграждат от готови елементи.

Дренажните тръби се избират с диаметър най-малко 100 mm за обикновените категории жп линии с ревизионни шахти през 70-30 m. За магистрални линии диаметърът е минимум 200 mm и ревизионните шахти се слагат през 50-60 m.

НАПРЕЧНО ОТВОДНЯВАНЕ

Водосборни области и методи за определяне

За определяне на водните количества и определяне на размерите на водостоците, хидрологията и хидравликата имат методи, но изборът на най-правилна методология не е посочен в нормативите. Това може да доведе в много случаи до неправилно определяне на водните количества и избор на нецелесъобразни размери за водостоците. Има разработена инструкция от „ИАП", която се доближава до необходимата за железните пътища „Инструкция за определяне на пътните водостоци" от 1998 г.

Оразмеряването се извършва по формулата:

(1) $Q_{max} = q.F_b$, m^3/s

където:

Q_{max} – оразм. водно количество, m^3/s

q – коефициент, който показва какво водно количество се оттича от водосборната област. Той зависи от наклона на терена и залесеността на областта. Отчита се от таблици, поместени в хидроложки сборници.

F_b – площ на водосборната област, m^2. Определя се чрез планиметриране от топографски карти.

Размери на съоръженията

Размерите на съоръженията трябва да се изберат такива, че да провеждат оразмерителните водни количества. От друга гледна точка, те трябва да имат размери, позволяващи лесното им поддържане. Поради

това, за водостоци под насип за минимална височина се допуска 1 m при дължина до 15 m и 1,25 m при дължина над 15 m. Водостоците трябва да работят при безнапорен режим на работа при максималните води с 1% обезпеченост. Допълнителните изисквания към съоръженията и размерите се дават в „Норми за проектиране на пътни и железопътни мостове и водостоци" – 1989 г. и в някои от инструкциите на НК „ЖИ" от последните години.

По отношение определяне на размерите на съоръженията, в „Инструкция за определяне на пътните водостоци" са дадени графики за различните размери на водостоци. Би било практично да се разработят подобни графики и за железопътни водостоци с всякакви комбинации от размери. Така те ще са в съответствие вече с изискванията при железопътни съоръжения, а също и с използваните при тях размери.

Определянето по формула (1) водно количество трябва да премине през отвора на съоръжението:

(2) $Q = b.h.V$, m^3/s

където:

b – широчина (отвор) на съоръжението, m

h – височина на водния стълб на течащата вода, m. Тя трябва да бъде по-малка от височината между дъното на водостока и долния ръб на конструкцията, за да може да се осъществи свободно изтичане без подприщване.

V – скорост на течащата вода през отвора на съоръжението, m/s

Съгласно законите на хидравликата височината на водния стълб h се определя по формулата:

(3) $$h = \frac{V^2}{g}, m$$

След заместване във формула (2) се получава необходимият отвор на съоръжението при определено водно количество и скорост на водата:

(4) $$b = \frac{Q.g}{V^3}, m$$

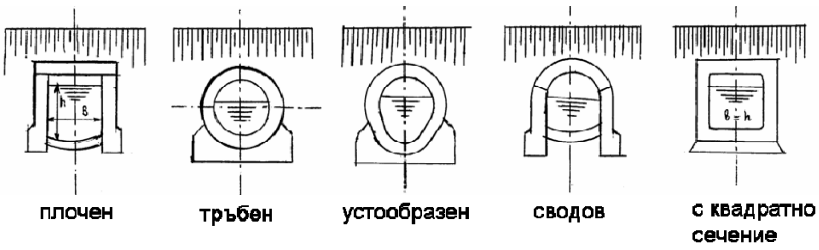
Ограничаването на изтичането на водата се отчита с коефициент μ, при което:

(5) $$b = \frac{Q.g}{\mu.V^3}, m$$

Приема се за водостоци $\mu = 0{,}9$

Типове водостоци

Напречните разрези на най-употребяваните типове водостоци са показани на фиг.3.



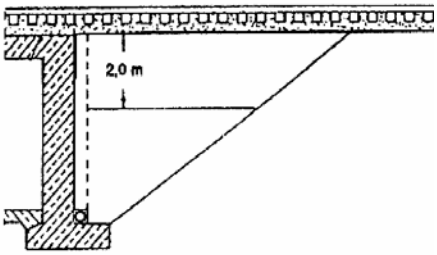
Фиг.3 Видове водостоци

Технология на изграждане и хидроизолация

Технологичната последователност на основните видове работи е следната:

- изпълняват се изкопите до постигане на проектните размери и коти;
- изпълнява се пластът от трошен камък и подложният бетон, върху който се проследяват проектните коти;
- монтират се сглобяемите елементи;
- омонолитват се връзките между елементите;
- кофрират се и се армират крилата;
- бетонират се крилата;
- оформят се втокът и оттокът;
- изпълняват се изолационните работи върху стените и горната плоча, ако има такава.

При слагане на дренажна тръба в преходната зона зад устои водостоци да се предприемат мероприятия за недопускане на влизането на водите от съоръжението в дренажа (фиг.4).



Фиг.4 Дренаж зад устой

Поддръжка

При поддържането на водостоците (в това число и дюкерите) е необходимо да се обръща особено внимание на:

♦ състоянието на зидарията на пръстените;

♦ състоянието на втока и оттока;

♦ положението на пръстените в план и профил;

♦ състоянието на фугите между елементите и извличането на почва през тях;

♦ своевременно почистване на коритото.

НАДЛЪЖНО ОТВОДНЯВАНЕ

Съоръженията на надлъжното отводняване отвеждат повърхностната вода от железния път (водата, протичаща през баластовото легло и защитния пласт) и прилежащите му откоси, а също така и подземните води, към съоръженията от напречното отводняване или встрани от железния път.

Укрепване на окопите:

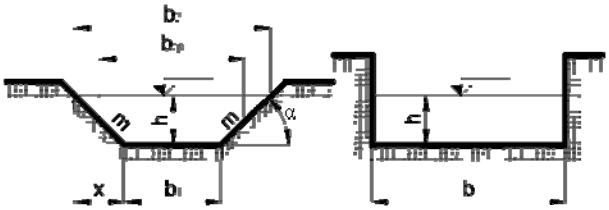
♦ пътните окопи (канавки за нови и реконструирани линии се облицоват с плочи или изграждат от готови елементи, както и в населени места и силно наводнени местности;

♦ при наклони по-големи от 50‰ се изграждат прагове от каменна зидария, бетон, бутобетон или стоманобетонни елементи така, че наклонът да се намали до 50‰.

Оразмеряване на канали

При строителството на нови или реконструкция на съществуващи жп линии, в редица случаи се налага изместване на напоителни и отводнителни канали.

При преустройство на каналите – промяна на трасето, е предвидено новите канали да бъдат изграждани с трапецовидна форма, а за преминаванията под жп линията да се ползват готови елементи с правоъгълна форма (фиг.5).



Фиг.5 Напречни профили на канали

Хидравличното оразмеряване на откритите канали се извършва по известната в хидравликата формула за равномерно движение:

(6) $Q = S.V = S.C.\sqrt{R.i}$, m^3/s

където:

Q – водно количество, което протича през канал, m^3/s

$S = (b + m.h).h$ – намокрено сечение на канала, m^2

m – откосно отношение на канала

b – широчина на дъното на канала, m

h – дълбочина на водата в канала, m

V – средна скорост на водата в канала, m/s

$R = \frac{S}{P}$ – хидравличенен радиус, m

$P = b + 2.h.\sqrt{1 + m^2}$ – намокрен периметър, m

i – надлъжен наклон на дъното на канала, който при равномерно движение е еднакъв с наклона на водната повърхност

C – скоростен коефициент, който зависи от грапавостта на дъното и стените на канала, както и от хидравличния радиус

ЗАДГРАНИЧЕН ОПИТ

В Европа и няколко други страни, от 1964 г. до сега са изградени над 20 000 km нови жп линии, предимно за високи скорости. При тяхното строителство и поддържане е натрупан значителен опит, в т.ч. и по отношение на отводняването.

При проектирането и изграждането се очертаха две тенденции за разположение на нивелетата спрямо терена.

Първата висикоскоростна жп линия между Токио и Осака в по-голямата си част, извън планинския район Фуджияма, е построена върху насипи. Под тях преминават пътища от различни категории, отводнителни и напоителни канали. Отводняването при тази концепция е повърхностно.

С малка денивелация спрямо терена е първата в Европа френска високоскоростна жп линия Париж – Лион.

При по-нататъшното проектиране, в редица страни превес взема друга тенденция: трасето минава в ниските части на котловините, като се предпочита строеж на тунели, при сравнително малко земно покритие. По този начин се избягват дълбоките траншейни изкопи и се отчуждават по-малко обработваеми земи. Ограничава се шумът в близост до населени места. Необходимо е да се изгради система от отводнителни канали и предпазни съоръжения, които да не допуснат проникване на повърхностни води в тунела.

Броят и размерът на съоръженията, предназначени за преминаване над водни препятствия и за отводняване районите около жп линии (мостове и естакади), зависят от релефа на терена. Проблемът с обема на тези съоръжения е решаващ при проектиране реконструкцията на жп линии, поради което го анализираме. Изследваме разпределението на дължините на съоръженията, спрямо общата дължина на линиите. Ползваме данни от 10 високоскоростни жп линии в Европа, които са характерни с променливия релеф на терена.

Общата дължина на разглежданите линии е около 2 000 km, от които приблизително 10% минават върху мостове и естакади. Изследването представяме с показател:

$$(7) \qquad \mu = \frac{\sum \ell_m}{\ell_i}$$

където:

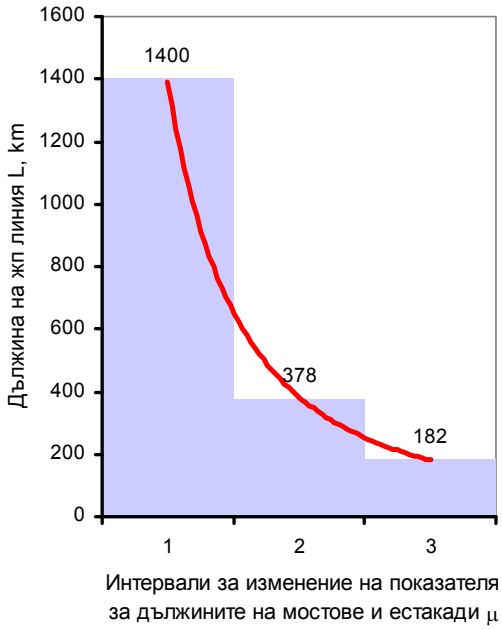
$\sum \ell_m$ – сума от дължините на мостовете и естакадите по една жп линия, km

ℓ_i – дължина на всяка от разглежданите жп линии, km

Разпределението на дължините на тези линии спрямо показателя μ е представено на фиг.6 в интервали до 0,10, 0,20 и 0,30.

Уравнението на линията L(μ) е:

$$(8) \qquad L(\mu) = \frac{190}{\mu} - 500 \text{ , km}$$



Фиг.6 Дължини на високоскоростни жп линии, според показателя μ

РЕШАВАНЕ НА ОТВОДНЯВАНЕТО В ПЛАНИНСКИ, ХЪЛМИСТИ И РАВНИННИ УЧАСТЪЦИ ПО ТРАСЕТАТА

В планинските и хълмистите участъци отводняването се извършва по-лесно, поради възможността за лесно гравитачно отвеждане на водите. Проблемът там е с голямата неравномерност на водните количества. В равнинните участъци по-правилно биха могли да се предвидят максималните водни количества, но проблемът при тях е с трудността да се отведе водата, поради липсата на достатъчен наклон на терена. Водостоците не могат да се вкопават и това води до усложнения при заустването на канавките. В някои западни държави този проблем е решен с дълги естакади и насипи с височина 4-5 m по цялата дължина на равнинния участък.

В нашата страна имаме ограничен опит за проектиране на жп линии за високи скорости. Сега се реализира проект за ново трасе на жп линията Пловдив – Свиленград. Тя е разположена в равнинен и слабо хълмист терен, поради което премостванията са само 5% от дължината на линията. От предварителните проучвания за ново трасе с подобрени параметри, по поречието на река Искър между Курило и Мездра, се оказа че дължината на мостовете и естакадите ще надхвърли 30% от дължината на участъка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отводняването на железопътните линии е един важен сегмент при проектирането и строителството. От правилното третиране на нормативите при разработване на проектите до голяма степен ще се решат проблемите, възникващи по време на експлоатацията на железния път като цяло. Ще се удължат междуремонтните срокове и ще се сведат до минимум пораженията от стихийни бедствия, като тези достигнали нашата страна през лятото на 2005 г.

DEWATERING – IMPORTANT MEASURE AT RAILWAY MODERNIZATION

Milcho Lepoev
milcho_lepoev@yahoo.com

UACEG 1000 Sofia, 1Hristo Smirnenski Str.
BULGARIA

Key words: *dewatering, culvert, drainage, hydro quantity, abutment*

Summary: *It has been followed dewatering methods for railway earthwork and superstructure, with a view to insurance of railroad stability for achievement the project speeds. Different types of water works and methods of their dimensioning are discussed. An experience of other railway administrations is analyzed. Project decisions of dewatering at various land relief are recommended.*