



---

## **БЕТОННИ ПЪТНИ НАСТИЛКИ – ИСТОРИЧЕСКО РАЗВИТИЕ**

**Христо Г. Стаменов**

[stamenovhg@abv.bg](mailto:stamenovhg@abv.bg)

**ВТУ “Тодор Каблешков“  
София, ул. “Гео Милев“ №158,  
БЪЛГАРИЯ**

**Ключови думи:** *бетонна пътна настилка, пътен тест, пробен участък*

**Резюме:** *В доклада е проследено историческото развитие на бетонните пътни настилки. Включени са моменти от еволюцията на практиките в проектирането и строителството, и усъвършенстването на оборудването за изпълнение. Описани са накратко някои пътни тестове върху опитни участъци, повлияли значително върху съвременните тенденции при изграждането на пътни настилки.*

### **ПЪРВИ СЪПЪКИ**

Първият Портланд цимент е патентован в Англия през 1824 г., а в САЩ – през 1865 г. Въпреки това портландциментов бетон не се използва за настилки още много години, но намира приложение като основа за други видове покрития. Вероятните причини за това са липсата на стандарти и спецификации и предимно ръчното приготвяне на сместа, което ограничава производителността и точното дозиране на материалите. Създаването на първите спецификации за Портланд цимент е извършено едва през 1900 г.

Счита се, че първата бетонна настилка в САЩ е завършена през 1891 г. на Main Street в Белфонтейн, Охайо. Тя била с широчина 2,40 м. Много автори оспорват това твърдение и предоставят други данни. Например някои смятат, че първата настилка с използване на портландциментов бетон в САЩ е изградена през 1893 г. на South Fitzhugh Street в Рочестър, Ню Йорк и представлява макадам, злят с циментов разтвор. Има съобщения за използване на портландциментов бетон за основа на каменни настилки в Лондон през 1872 г. и Ню Йорк през 1988 г. Има сведения за изграждане на горен износващ пласт от бетон в Единбург, Шотландия (1872 г.); Инвърнест, Шотландия (1865 г.) и Гренобъл, Франция (1876 г.).

Въпреки тези противоречиви сведения и имайки предвид условията (липса на нормативи, технически правила за изграждане, проекти, изцяло ръчен труд и др.), обуславящи малката дълготрайност на тези първи бетонни настилки, изпълнението им дава възможност да се оценят техните предимства и недостатъци и създава предпоставки за развитие на теорията и практиката в тази област на пътното строителство.

## **НАЧАЛО НА МАСОВОТО СТРОИТЕЛСТВО НА БЕТОННИ НАСТИЛКИ**

Първият автомобилен път с бетонна настилка построен в САЩ е в Арканзас през 1913 г., 5 години след появата на първия масов автомобил "Modell - T" на Ford. Той е с дължина около 38 км, широчина 2,70 м, дебелината на настилката е 12 см, а максималната скорост на шофираните автомобили е до 45 км/ч.

До 1914 г. в САЩ били изградени около 3800 км пътища от бетон. През 1930 г. в Пенсилвания е построена първата голяма междуградска магистрала, изцяло с настилка от бетон.

Междушатската магистрална система се изгражда от 1956 г. Дължината ѝ е 41000 мили, като 60% от нея е с бетонна настилка, особено в силно натоварените райони около градовете. Тя провежда 40% от общия трафик в САЩ, 70% от търговския и 90% от туристическия.

Първата летищна писта с бетонна настилка в САЩ е построена през 1928 г. в Дийрборн, Мичиган от Ford Motor Company за произвежданите от Ford самолети. До 1942 г. предимно във връзка с участието на САЩ във Втората Световна Война били построени 74 000 000 м<sup>2</sup> летищни бетонни настилки.

Изграждането на бетонни пътни настилки в Канада датира от 1930 г. През 60 – те и 70 – те години на 20 век се извършва разширяване на пътната мрежа на провинции Онтарио и Квебек и много от основните магистрали са построени от бетон.

В Германия изграждането на бетонни пътища започва в края на 1880 г. От 1934 г. бетонните настилки се прилагат масово при изграждането на магистралната система. Между 1935 г. и 1939 г. са построени около 3500 км бетонни пътища. Днес 25% от автомагистралите в Германия (12050 км) са с бетонна настилка.

Австрия и Белгия изграждат бетонни пътни настилки от 1925 г., а през 50 – те години на 20 век в Холандия участъци от магистралната система се строят от бетон.

## **ОБОРУДВАНЕ ЗА ПОЛАГАНЕ**

Първите бетонни пътни настилки са изградени, като основните материали – цимент, пясък и чакъл – се транспортирали до мястото на строителството с конски впрягове. Бетонът се смесвал ръчно и се полагал в предварително фиксирани кофражни форми, образуващи квадрати.

Моторните превозни средства се появили след 1900 г., през 1905 г. бил произведен първият камион. Материалите започнали да се смесват на сухо, след което се транспортирали до мястото на настилката. Бетонът се дозирал в миксер-камиони, полагал се в кофражните форми и се вибрирал чрез удари със загладяща летва.

През 1946 г. в Айова е конструирана първата бетонополагаща (slipform) машина, а три години по-късно е построен първият участък от окръжен път с такава машина. Тя полагала бетон с широчина 2,80 м и с дебелина 15 см. Чрез полагане на няколко ленти една до друга станало възможно строителството на типичните окръжни пътища с широчина 5,50 м.

През 1955 г. е разработена подобрена, самоходна, движеща се върху релси полагача машина. Няколко години след това вече имало машини, с които можело да се полага бетон на широчина до 4 пътни ленти.

През същия период започва централизираното производство на бетон в бетонови заводи. Големите бетонови центрове могли да смесват 7-10 м<sup>3</sup> бетон за време 45 до 75 секунди.

Съвременните комбинирани бетонополагащи машини обединяват всички операции – разпределят, полагат, уплътняват и загладят бетонната смес. При някои от тях е възможно и забъркването, като се подава предварително дозирана бетонна смес. Те са самоходни и обикновено се придвижват на вериги върху подготвената основа.

Бетонът се подава в предната част на машината, а в задната са кофражните форми тип „пълзящ кофраж“, разположени от двете страни на настилката. Повечето машини разполагат с устройства за автоматично вмъкване на дюбели. Когато достъпът на превозните средства, доставящи бетона е затруднен поради наличие на дюбели или армировка, на машината се монтира страничен приеман бункер. Контролът на равността е електронен, а движението на машината се осъществява посредством водещи корди и сензори. На полагащата машина могат да се прикачат и устройства за текстуриране.

Бетонополагащи машини се използват в Европа от 1970 г. Заедно с транспортната и полагащата техника се появяват и развиват машини за уплътняване, рязане на фуги и диамантено фрезование на бетонните настилки.

## **ПЪТНИ ТЕСТОВЕ И ВЛИЯНИЕТО ИМ ВЪРХУ СТРОИТЕЛСТВОТО НА БЕТОННИ НАСТИЛКИ**

Изследването и анализирането на пробни участъци и наблюдението на построени и въведени в експлоатация настилки са в основата на проектантските подходи при бетонните настилки. Първият контролиран тест е проведен през 1909 г. в Детройт. Целта е да се симулира движението на конски впряг чрез железни колела и стоманени подкови, въртящи се в кръг по настилки от бетон, гранит, тухли и дърво. Опитът показва, че бетонът притежава най-добра устойчивост и в резултат през следващите две години в Мичиган са построени около 100 км бетонни пътища.

От 1912 г. до 1923 г. в щата Илинойс е проведен тестът на Бейтс. На участък с дължина 4 км са построени и подложени на натоварване 78 тухлени, асфалтови и бетонни секции. Бетонните секции били с постоянна дебелина от 10 и 22 см. Върху тях се движат камиони с натоварване от 2 до 6 тона на ос. През периода 1916-1922 г. са построени много настилки без фуги и с удебелена централна част, тъй като при настилки с ширина 5,0- 5,50 м се появявала неправилна надлъжна пукнатина. Резултатите от теста на Бейтс били причина за удебеляването на средната част на настилките.

През 1919 г. в Арлингтън, Вирджиния за първи път са използвани дюбели. Това довежда до развитието на различни конфигурации на сечението на плочите, оформянето на фугите и схемите за армиране.

През 1922-1923 г. е проведен пътен тест в Питсбърг, Калифорния, за да се определи дали усилените със стомана настилки дават по – добри резултати от обикновените. Използвани са стари военни камиони, а плочите били тествани до разрушаване. Резултатите са противоречиви, но показват предимствата от използването на армировъчна мрежа, която не позволява разтварянето на пукнатините. Те послужили да се обоснове намаляването на дебелината на бетонното сечение на плочите с 2 до 5 см.

Тестът на Бейтс и опитът в Питсбърг показват, че критичните напрежения са в ъглите на плочите. На основата на тези тестове се появяват първите уравнения свързани с дебелината на настилката за натоварване от движение и уравнения за ъглите на настилката. Това са най-ранните теоретично-емпирични методи за проектиране.

През 1912 г. в Калифорния са приети настилки с постоянно напречно сечение, но с удебелени краища (с 5 до 7 см), които през 1921 г. са стандартизирани, а през 20 – те и 30 – те години на 20 век се използват масово.

През 1926 г. Westergaard предлага уравнения за определяне на напреженията и деформациите в бетонни настилки, дължащи се на приложените натоварвания в средата и краищата на плочите. Отчитат се фактори като размер и тегло натоварите, реакция на земното легло, дебелина на бетонната плоча, модул на еластичност, коефициент на

Поасон. Тези уравнения позволяват определяне на дебелината на настилката за всяко конкретно състояние на натоварването. По-късно те били модифицирани от Кели, Спангълър и Пикет. За да се проверят теоретичните резултати от уравненията, през 1930 г. в Арлингтън са проведени тестове с подвижни товари върху бетонна настилка като са направени и измервания на деформациите на плочите, дължащи се на промени в температурата. Три години по-късно за първи път е въведено понятието умора на база резултатите от теста на Бейтс, като броят на повторенията на натоварването е свързан с големината на напреженията.

Предаварително напрегнат бетон е въведен през 1940 г. и е използван за пръв път в летищни настилки. В края на 40-те години на 20 век в Калифорния започват да се използват за основа почви, стабилизиращи с цимент, и тази практика бързо се разпространява.

Докато усилията били насочени към по-точно определяне на дебелините на плочите, настъпили промени и в практиките за изпълнение на фуги. Между 1925 г. и 1945 г. повечето настилки били изпълнявани с комбинации от напречни разширителни фуги през разстояние от 15 до 40 м и натискови фуги през разстояние от 5 до 20 м. Изгражданите по този начин настилки често се повреждали, което довело до строителството на 6 експериментални проекта за фуги в Орегон, Калифорния, Мисури, Минесота, Мичиган и Кентъки. Те показали, че при бетонни настилки, изградени с натискови фуги през разстояние от 5 до 20 м не са необходими близко разположени разширителни фуги, тъй като те се запълвали с течение на времето и спомагали за проникването на вода.

Между 1940 г. и 1950 г. изпълнителите на бетонни настилки започнали да експериментират с нарязване на фуги. Преди това фугите се оформяли ръчно и често това било предпоставка за създаване на неравности. След първоначалните опити в Канзас и Калифорния и осъществяването на няколко проекта през 1951г., рязането на фуги се превръща в стандартен метод.

През 1950-1951 г. е проведен Road Test One – MD на съществуващ магистрален участък с дължина 1,8 км близо до Вашингтон. Пътят е инвентаризиран и оборудван с измервателни уреди, след което е натоварен 1000 камиона, преминаващи всеки ден. Наблюдавани са предаването на товарите между плочите, влиянието на скоростта и теглото на осите и взаимодействието на плочите във фугите. След този тест е въведен първият динамичен фактор за еквивалентно колело.

От 1958 г. до 1960 г. в Отава, Илинойс е проведен AASHO Road Test на стойност 27 000 000 долара. Изградени са 6 тестови трасета с форма на осморка с бетонни и асфалтови настилки върху различни основи. Опитните участъци са натоварвани денонощно в продължение на 2 години. Използвани са 12 различни комбинации от осите и голям брой дебелини на настилките. Използва се методика за оценка на напреженията от натоварването от движението на база на получените статистически данни (статистически проектен фактор). Изведени са уравнения за асфалтови и бетонни настилки, които в последствие са изменени и допълнени. Тези уравнения са в основата на процедурите за проектиране на дебелините на настилките в ръководствата за проектиране на пътните конструкции на AASHTO.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Изследванията в пътното строителство върху опитни участъци продължават и сега в много страни – в САЩ, Австралия, Бразилия, Китай, Япония, ЮАР, Корея, Холандия, Швеция, Австрия, Германия, Белгия, Англия и др. Създаване на мащабни съоръжения за изпитване е планирано също така в Русия. Основната цел е да се

изградят трайни настилки с голяма продължителност на живот при приемливи първоначални капиталовложения и с малки разходи по време на експлоатацията.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

- [1] Thomas J. Pasko Jr., Concrete Pavements – Past, Present, and Future, July/August 1998, <https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/98julaug/concrete.cfm>
- [2] Bill Davenport, 100 Years of Innovation, June 2004, [http://www.pavement.com/concrete/pavement/about\\_concrete/100\\_years\\_of\\_innovation/index.asp](http://www.pavement.com/concrete/pavement/about_concrete/100_years_of_innovation/index.asp)
- [3] City Streets, [http://www.cement.org/pavements/pv\\_cp\\_general.asp](http://www.cement.org/pavements/pv_cp_general.asp)
- [4] History of concrete pavement, <http://www.midatlantic.pavement.com/History.htm>
- [5] Early Portland Cement Concrete Pavements, <http://www.pavement.interactive.org/article/pavement-history/>
- [6] Kathleen Hall, Dan Dawood, Suneel Vanikar, Robert Tally, Jr., Tom Cackler, Angel Correa, Peter Deem, James Duit, Georgene Geary, Andrew Gisi, Amir Hanna, Steven Kosmatka, Robert Rasmussen, Shiraz Tayabji, and Gerald Voigt, Long – Life Concrete Pavements in Europe and Canada, FHWA, August 2007, 80с.
- [7] Д-р. техн. наук, професор Е.В.Углова, канд. техн. наук С.С.Саенко, Анализ зарубежного опыта исследований дорожных конструкций на крупномасштабных моделях, Ростовский государственный строительный университет (РГСУ), Центр развития дорожных технологий, 11.02.2013г., <http://crdtech.ru/index.php/publications/articles/57-2013-02-11-10-59-52>

## **CONCRETE PAVEMENTS: HISTORICAL DEVELOPMENT**

**Histo Stamenov**  
[stamenovhg@abv.bg](mailto:stamenovhg@abv.bg)

*Todor Kableshkov University of Transport,  
158 Geo Milev Street, Sofia,  
BULGARIA*

**Key words:** concrete pavement, road test, test area

**Abstract:** *The report traces the historical development of concrete pavements. It presents the most important moments in the evolution of design and construction practices and improvement of equipment for implementation. Some road tests on test plots that significantly influenced on the current trends in construction of road pavements are briefly described.*