

HISTORY

Данілова Ю.В.

Внесок Я.М. Гордеєнко в залізничне мостобудування

Данілова Юлія Вікторівна, пошукач

Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ, Україна

Анотація. В статті висвітлюється погляд Я.М. Гордеєнко на будівництво підкісного залізного віадуку у виключній місцевості та висновки, які зробив професор у своїй науковій праці “Проект підкісного залізного віадуку”. Також в даній статті описуються основні деталі та конструкція проекту, його переваги та недоліки, вимоги Головного товариства залізниць до побудови таких віадуків та спосіб його збирання. В кінці статті робиться висновок про можливість практичного застосування даного проекту в житті та про проведення роботи з подальшого вивчення життя та діяльності видатного вченого Я.М. Гордеєнко.

Ключові слова: залізний віадук, залізниця, балочні містки, прогін, сила вітру, опір вантажу, переваги та недоліки системи

Яків Миколайович Гордеєнко (1851–1922) – видатний вчений в галузі сигналізації, централізації та блокування на залізничному транспорті. Але, будучи людиною всебічно обдарованою, займався не тільки вказаними проблемами, але й працював в галузі залізничного мостобудування. Його винаходами були проекти підкісного залізного віадуку, залізничного мосту та пристрій для виміру напруги в залізничних мостах – “тазео-метр” [1, с. 8]. У 1880 році він навіть був відряджений за пропозицією Інституту інженерів шляхів сполучення та Міністерства шляхів сполучення на натурні залізничні широти для виміру в них напруги винайденим пристроєм [2, с. 7]. Але про вищезгадані проекти видатного вченого забули майже на сто років. Нажаль, і про життя та діяльність цієї видатної людини майже нічого не відомо широкому загалу. На мою думку, історики та історіографи безпідставно забули про цю видатну людину на багато років. І лише наприкінці минулого століття про цього видатного вченого почали знову згадувати. Але лише тільки згадувати.

Тому метою даної статті є бажання розповісти широкому загалу про внесок Я.М. Гордеєнко саме в залізничному мостобудуванні.

У 1874 році Я.М. Гордеєнко виклав свої дослідження о залізних віадуках у науковій праці “Проект подксноного железного виадука”, який був виданий у тому ж році в журналі “Инженерные записки” [3, с. 5]. Наукова праця складається з п’яти розділів, розрахунків та креслень. В першій главі “Тимчасове навантаження, власна вага та допустима напруга” мова йде про необхідність розраховувати мости з достатнім запасом міцності при звичайному навантаженні, дивлячись, щоб при найбільшому навантаженні всього мосту паровозами напруженість не перевищувала двох третин помітного зберігання пружності та наводяться необхідні розрахунки. У другій главі “Улаштування мостового полотна та розрахунок його частин” йде детальний опис та розрахунок основних частин віадуку, а саме: поздовжньої балочки, поперечного настилу, прогонів, вертикального вигину прогону та визначається вигинаючий момент у віадуку. У третій главі “Дія вертикальних сил на стійку та підкоси” визначаються вказані сили та розраховуються для віадуку, який проектується, графічним способом. У четвертій главі “Розрахунок напруги, який проявляється в частинах підкісних ферм при дії на них сильного вітру” йде мова про дію вітру на балочні мости з суцільною стінкою та решітчасті і розраховуються підкісні ферми зі зв’язками між ними на дію вітру. У п’ятій

главі “Визначення розмірів усіх частин ферм” приводяться розрахунки прогону без відрахування заклепочних отворів та з відрахуванням отворів, горизонтальних зв’язків у балочних мостах, вертикальних діагональних зв’язків, розрахунок розмірів шарнірів у замку та над стійками, розрахунок стійок та підкосів, зв’язки у підкосах та стійках та повністю розраховуються діагональні тяжі, вага віадуку, трикутні покриття і балочні містки. Професор Я.М. Гордеєнко аналізує конструкції існуючих залізних мостів різних систем, оцінює їх сильні та слабкі сторони і робить висновок, що підкісна система залізних віадуків з шарнірами у замку та в п’ятах отримує рішучу перевагу перед усіма іншими. Залізні віадуки не страждають від змін температури та мають порівняно невеликий з арочними мостами розпір, являють собою не тільки велику економію у залізі та допускають такі прогони, які неможливі для інших систем. Тому з метою заміни існуючих дерев’яних мостів та для можливості їх побудови у виключній місцевості, яка являє собою широкий та глибокий яр, Я.М. Гордеєнко запропонував свій проект підкісного залізного віадуку під залізницю на дві колії. В цьому проекті головна частина яру перекрита трикутниками підкісної системи, а кінці з’єднані з головними фермами за допомогою балочних містків. Витрати збирання на підкісну систему такі ж самі, як і на залізні мости, а економія заліза у ній складає її перевагу.

Але крім цього підкісний віадук має у подібній місцевості ще одну особливість. Так як стійки підкісних ферм потрібно з’єднувати з кінцями яру балочними містками, які біля берегових підвалин лежать на катках, а біля стійок спираються на сталеві циліндри шарнірів, з’єднуючи прогони підкісних ферм з балочними містками за допомогою ланцюгів, отримуємо від краю до краю яру суцільну балку відносно бокових зусиль, і доки вона не зруйнована, міст ніколи не перекинеться. Ця важлива обставина робить зайвим розширення підкісних ферм донизу та споріднене з цим подовження стійок; споруда буде усюди однакової ширини та буде являти собою велику сітку, закріплену на чотирьох точках. Взагалі підкісна система являє собою природне рішення питання про залізне покриття при таких обставинах: частини, які згинаються, мають порівняно невелику довжину, навантаження передається підкосам прямо на опори і, нарешті, стійкість споруди цілком забезпечена. Вищезазначені значні переваги роблять можливим використання підкісних віадуків, якщо залізницю необхідно будувати

через глибокі яри, та дана обставина робить особливо бажаною теоретичну розробку підкісної системи при застосуванні до місцевості такого роду.

Місцевість, де теоретично проектується підкісний віадук, являє собою яр, найнижча точка якого знаходиться на 52 сажнях під площиною колії. Дно яру на значну глибину вкрите наносним ґрунтом, боки круті, скалисті, з сірого вапняку, а ширина в площині дороги така, що відступивши трохи від кінців яру, отримуємо між осями подушок відстань у 628,75 футів.

На глибині 30 сажнів, рахуючи від половини висоти прогону, знаходяться вісі циліндричних валів сталевих подушок, закріплених на нижніх опорах. Відстань між цими вісями 60 сажнів. На циліндри подушок спираються сталевими щелепами вісім трикутників, із яких кожен являє собою півсферу підкісної системи. Весь пристрій настільки простий, що одного погляду вистачить, щоб зрозуміти як працює кожна частина пристрою. Прогін являє собою дві суцільні балки, кожна на чотирьох опорах; вага потяга, мостового полотна, прогону та зв'язків, згинаючи прогін, передається на стійку та підкоси. Вага, яка передається у місця з'єднання підкосів з прогонами, розділяється на дві складові зусилля. Одне нахилене зусилля, паралельне вісі підкосу, стискує його; інше, горизонтальне, стискує частину прогону від шарніру у замку до точки прикріплення підкосу. Цілком однаковою чином діє і вага перекладів, а вплив ваги якого-небудь підкосу можливо замінити дією двох систем паралельних сил, із яких напрямлені вздовж вісі підкосу стискають його, а перпендикулярні до них намагаються прогнути його донизу.

Незначний сам по собі, прогін цей може бути дуже небезпечним при поздовжньому стискуванні підкосу, так як збільшує плече сили, яке поздовжньо вигинається. Щоб значно ослабити цей шкідливий вплив власної ваги підкосів, а також розбити їх на частини, для зменшення поздовжнього вигину, розміщують три переклади, які передають шкідливі горизонтальні складові ваги підкосів та самих перекладів в точки, де ці сили врівноважуються натягуванням діагональних тяжів та крайнього підкосу. З цього видно, що крайній підкіс та найближчий до нього внутрішній являють собою разом із частинами перекладів, які знаходяться між ними, та діагональними тяжами половину американської стропильної ферми та, зводячи на витягування та стискування дію власної ваги ферми, підпорядковують кожну частину їх абсолютно визначеному розрахунку.

Щоб показати всю значущість перекладів та діагональних тяжів, достатньо нагадати, що, наприклад, крайні підкоси при довжині від центру шарнірів у 296,98 футів мають ширину у 5,5 фута або у 54 рази меншу. За таких обставин дія власної ваги буде такою великою, що її потрібно послабити приведенням всієї споруди в незмінну систему та розбивкою підкосів на достатньо короткі частини.

Повертаючись до опису самого проекту необхідно сказати, що для з'єднання трикутних перекриттів з берегом, зверху кожної стійки закріплена подушка специфічної форми. Таку форму вона має для того, щоб могла приймати як вертикальне навантаження ваги балочного мосту та потягу, так і бокове від дії вітру. На сталевий циліндр, який лежить в цій подуш-

ці, спирається інша такої ж конструкції, прикріплена до балочного мосту, а інший кінець цього мосту лежить на катках берегового устою та може вільно переміщуватись при змінах самого мосту та трикутних ферм від дії температур. Нарешті, на ці циліндри, так як і на вісь у замку надіти з обох частин прогонів залізні петлі, які стикаються та з'єднують всю верхню частину мосту в одне ціле та розраховані на дію вітру.

При порівнянні двох систем мостів відносно економії досить важливо, щоб споруди, які порівнюються, розраховувались на опір одному і тому ж самому рухомому вантажу та тій же силі вітру. Також необхідно, щоб у відповідних частинах їх була припущена одна й та сама найбільша напруга.

При розробці проекту даного підкісного віадуку Головне товариство залізниць через новизну запропонованої системи висунуло вимогу, щоб віадук витримував навантаження у 80 пудів на 1 фут колії, коли навіть для дуже великих мостів досить було розрахункового навантаження у 75 пудів на погонний фут колії. Навантаження у 80 пудів відповідає суцільній завантаженості мосту паровозами та тендерами, всі частини ферм розраховані на це навантаження, а розміри поперечин та поздовжніх балок визначені на опір вазі паровоза у найнесприятливішому його положенні [4, с. 289-290]. Ця обставина є ще однією перевагою підкісного віадуку.

Також в підкісних мостах має дуже важливе значення раціональне розміщення зв'язків між фермами, яке значно зменшує напругу в поясах та розкосах, внаслідок чого розміри окремих частин настільки невеликі, що повинні бути значно збільшені для опору натиску вітру. В даному проекті віадуку його перекидання опирається прогін та балочні містки, з'єднані ланцюгами в одне ціле. При двох горизонтальних фермах та сильних вертикальних хрестах над опорами, натиск вітру буде менший, ніж при будь-якому іншому улаштуванні зв'язків в інших видах мостів. Тому саме таке улаштування прогону підкісного мосту буде єдино правильним.

Особливістю підкісного віадуку також є робота верхньої горизонтальної ферми. Вона змінює частину рівномірного натиску вітру, яка приходиться на неї, в ряді зусиль, які зростають від середини до кінців, тобто передає її в цьому ж вигляді нижній фермі. Така дія верхньої решітки має як добрі, так і погані наслідки. Виграють від цього нижні пояси, так як те ж навантаження, яке розташоване близько до кінців, дає менші згинаючі моменти. Збільшення вертикального згину також буде не таким значним з тієї ж самої причини, але стійки, які знаходяться ближче до кінців, будуть набагато більше вигинатись при існуванні верхньої решітки. Для зменшення цього вигину необхідно побудувати верхні зв'язки значно слабшими за нижні, а стійки на опорах набагато жорсткішими відносно бокового прогину, від чого значно виграють всі інші елементи конструкції.

Ще однією особливістю даного проекту є балка, яка розміщена зверху віадуку. Особливістю є те, що хоч відносно бокового переміщення вона і підперта тільки на кінцях, тобто на берегових устоях, але у вертикальному напрямку вона незмінно з'єднана з декількома опорами. Розміщуючи у частинах прогону

над стійками та підкосами жорсткі вертикальні хрести, буде досягнуто те, що поперечний перетин його над цими опорами та під час бокового прогину залишаться вертикальним або майже вертикальним [4, с. 315-316]. Саме цього намагаються досягнути при проектуванні інших видів мостів.

Діагональні хрести, які зв'язують підкоси окремих ферм у балки 30 футової висоти, відносно бокових зусиль не повинні робити їх надто жорсткими, щоб верхні кінці їх вигинались менше тих частин прогону, з якими вони скріплені. Недотримання цієї умови було б дуже шкідливим для міцності підкосів, які замість того, щоб прогинатись, спираючись злегка верхніми кінцями на прогін, який вигнувся, ще приймали б від нього значну частину натиску вітру. При відсутності діагоналей між внутрішніми підкосами та стійками по всій висоті, стріла прогину прогнеться у п'ять разів сильніше, ніж при присутності їх, а, припиняючи ці зв'язки на якій-небудь висоті від низу стійки або підкосу, отримаємо деякий середній прогін та додамо йому необхідну величину. Для визначення прогину тих місць прогону, до яких кріпляться стійки та підкоси, та визначити, на якій висоті необхідно припинити розміщення хрестів між опорами внутрішніх ферм, необхідно зруйнувати діагоналі вище другого перекладу, чим забезпечується гнучкість підкосів та зменшується ще й їх вага.

Для того, щоб забезпечити міцність підкосів, необхідно так розташувати в них зв'язки, щоб вони трохи натискували на прогін, тому останній розраховується в такому положенні, коли на нього крім безпосередньої сили вітру на зовнішню ферму, настил та поїзд ще передаються деякі сили від стійки та підкосів.

Найголовнішою перевагою підкісних віадуків є економія в матеріалі. Підкісні ферми зі зв'язками більш ніж на 15000 пудів легше однієї прольотної частини багаторозкосого мосту, а, якщо рахувати на два бики 23000 пудів, повна економія в металевих частинах буде дорівнювати 38000 пудів.

Крім великих витрат матеріалів багаторозкісні мости особливо незручні в місцевості, де проектується наш віадук, так як побудувавши головний проліт з їздою поверху, необхідно було б зробити ширшими стійки на опорах для розміщення на них подушок під ферми малих прольотів, а якщо розробити середню частину з їздою понизу, то необхідно буде значно збільшити висоту биків. Нарешті, нижні устої повинні бути значно ширші та довші від багаторозкісних, а зайва ширина їх особливо незручна при крутих боках яру [4, с. 365].

У випадку застосування підкісної системи до мостів у декілька прольотів необхідно перш за все забезпечити стійкість ферм кожного прольоту окремо та, відповідно, взагалі зовнішні ферми необхідно робити нахиленими. Буде навіть більш вигідно, особливо якщо довжина прольоту не дуже велика, застосувати в кожному прольоті не чотири, а дві ферми. Вигода при цьому двояка: по – перше, подушки п'ят притиснуті до упорних подушок сильніше та площа, яка знаходиться під дією вітру, менше, ніж при чотирьох фермах, і, відповідно, є можливість не застосовувати петлі в п'ятах та закладних болтах. По – друге, загальне число стійок буде вдвічі менше, а так як вага поїзда та прогону не зміниться, то необхідний перетин кожної

опори буде приблизно вдвічі більший, це дасть можливість сконструювати достатньо жорсткі підкоси, не збільшуючи їх розміри. Нарешті, потрібно врахувати також і те, що при двох фермах можна буде застосувати і залізо більшого поперечного перетину, а заклепок знадобиться менша кількість.

При дуже великих прольотах можливо застосувати і чотири ферми, але щоб не застосовувати довгих закладних болтів потрібно тільки або нижні зв'язки між фермами зробити достатньо міцними або навіть не доводити внутрішні трикутники до биків, а сперти їх на поперечні трапеції. Такі трапеції розташовують між кожною парою відповідних стійок нижніх чотирикутників зовнішніх ферм, верхні кути трапецій будуть підтримувати внутрішні опори, а нижні з'єднуються на подушках зі стійками чотирикутників.

Єдиним недоліком подібного розташування є необхідність збільшувати розміри зв'язків між фермами. Але перевагою є те, що головна маса заліза в подібній конструкції зосереджена не в прогоні, де при відсутності бокових зусиль надлишок металу є непотрібним, а у нижніх частинах стійок та підкосів, де деякий запас міцності дуже бажаний.

В місцевості, яка обрана для проектування віадуків, збирання будь – якого мосту несе в собі певні труднощі, але для підкісної системи потрібно менше лісів, ніж при балочній. Ферми у багатопрольотних підкісних мостах можна буде зібрати без улаштування в річці помостів. Висока вежа на бичу, яка поступово надбудовується, з простим або подвійним краном зверху та легкі сходи і помости, які прикріплюються до поступово зростаючих з обох боків вежі підкосами та перекладами, будуть цілком достатніми для збирання трикутників, які спираються на бики. Більш важким буде збирання кінцевих трикутників, так як їх вага невідносна з іншого боку биків буде прогинати вежу. Тут можуть знадобитись підмостки або дуже міцна вежа, або можна буде з'єднати вершину кожної кінцевої вежі з берегом.

За допомогою кранів можна буде послідовно, починаючи знизу та покриваючи зібрані частини помостом та сходами, потроху вивести з цих устоїв всі трикутники мосту. Якщо ж у такий спосіб зібрати міст буде дуже важко, потрібно буде побудувати в яру вежу до половини висоти ферми з підкосами, які видаються до чверті прольоту в обидві сторони, а з нижніх устоїв потрібно буде також до половини висоти ферми та на чверть прольоту випустити дерев'яні трикутники. Верхні кінці вежі та берегових лісів будуть знаходитись на одній висоті та стикатися, у дерев'яних трикутниках зберуть нижні частини ферм, потім, надбудувавши вежу, закінчити зовнішні підкоси, потім перші, другі і, нарешті, стійки. [4, с. 373 – 375].

На думку професора Я.М. Гордеєнка теоретичне питання по підкісних мостах вирішене та вичерпане в його науковій праці “Проект підкісного залізного віадуків”. Якщо цій системі судилось перестати бути тільки проектом, то реалізація її покаже наскільки вона зручна або незручна для побудови та експлуатації. Але переваги, які вона обіцяє, повинні виправдати спробу.

Автор виражає впевненість, що дана стаття не є останньою з присвячених вивченню наукової спадщини професора Я.М. Гордеєнка.

ЛІТЕРАТУРА (REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Морохин М. Стрелочный провидец/ М. Морохин// Гудок. – 2012. – 18 янв.
Morohin M. Strelochnyi providets/ M. Morohin // Gudok. - 2012. - 18 January.
2. Российский государственный исторический архив. Фонд 229. – Опись 10. – № 747. Формуляр о службе. – 24 с.
Russian State Historical Archives. Fund 229. - Inventory 10. - № 747. Formular o sluzhbe – 24 s.
3. Центральный государственный исторический архив. Фонд 381. – Опись 11. – № 11. Гордеенко Яков Николаевич. – 32 с.
Central State Historical Archive. Fund 381. - Inventory 11. - № 11. Gordeenko Yakov Nikolaevich). – 32 s.
4. Гордеенко Я.Н. Проект подкосного железного виадука/ Я.Н. Гордеенко// Инженерные записки. Санкт – Петербург. 1875. Т. 2, вып. 1. – 280-376 с.
Gordeenko Y.N. Proekt podkosnogo zheleznogo viaduka / Y.N. Gordeenko // Engineering notes. Saint - Petersburg. 1875. T. 2, no. 1 – 280-376 s.

Danilova J.V. Contribution of J.N. Gordeyenko to railway bridge building

Abstract. This article summarizes the views of J. N. Gordeyenko on the construction of the strut-braced iron viaduct in exclusive areas and the conclusions that were made by the Professor in his scientific work “Project of strut-braced iron viaduct”. Also this article describes the basic details and construction of the project, its advantages and disadvantages, the requirements of the Main society of Railways for the construction of such viaducts and the method of their assembly. At the end of the article we see the conclusion about the possibility of practical application of this project in life and possibility of works under further exploring the life and work of the outstanding scientist J. N. Gordeyenko.

Keywords: *iron viaduct, railway, beam bridges, girder, force of the wind, resistance of the cargo, advantages and disadvantages of the system*

Данилова Ю.В. Вклад Я.Н. Гордеенко в железнодорожное мостостроение

Аннотация. В данной статье приводятся взгляды Я.Н. Гордеенко на строительство подкосного железного виадука в исключительной местности и выводы, которые сделал профессор в своей научной работе “Проект подкосного железного виадука”. Также в данной статье описываются основные детали и конструкция проекта, его достоинства и недостатки, требования Главного общества железных дорог к строительству таких виадуков и способ их сборки. В конце статьи делается вывод о возможности практического применения данного проекта в жизни и по проведению работ по дальнейшему изучению жизни и деятельности выдающегося ученого Я.Н. Гордеенко.

Ключевые слова: *железный виадук, железная дорога, балочные мостки, прогон, сила ветра, сопротивление груза, достоинства и недостатки системы*