

## КОМПОЗИТНІ ПЛИТИ В ТРАНСПОРТНОМУ БУДІВНИЦТВІ

**Анотація.** Розглянуті існуючі конструкції шаруватих композитних плит. Показано, що композитна плита типу “сандвіч” є альтернативою плитам металевих мостів завдяки своєму високому опору згину при невеликій власній вазі. Такі плити можливо використовувати як для нового будівництва, так і для реконструкції.

Представлено розрахунок методом аналогій системи композитної плити на балочному ростверку та здійснена оцінка міцності та жорсткості шаруватої плити.

**Ключові слова:** шаруваті композитні плити, плита “сандвіч”, проїзна частина

**Аннотация.** Рассмотрены существующие конструкции слоистых композитных плит. Показано, что плита типа “сэндвич” является альтернативой плитам металлических мостовых сооружений благодаря своему высокому сопротивлению изгибу при малом собственном весе. Такие плиты можно использовать как для нового строительства, так и для реконструкции.

Представлено расчет методом аналогий системы композитной плиты на балочном ростверке, а также выполнена оценка прочности и жесткости слоистой плиты.

**Ключевые слова:** слоистые композитные плиты, плита “сэндвич”, проезжая часть

**Abstract.** The existing structures of layered composite plates are considered. It is shown that sandwich low-weighted slab becomes an alternative to a slab of metal bridges due to its high bending resistance. Such slabs can be used for both new construction and renovation.

Calculation by analogy method of the composite slab on beam grillage is presented.

**Keywords:** layered composite plate, sandwich slab, roadway

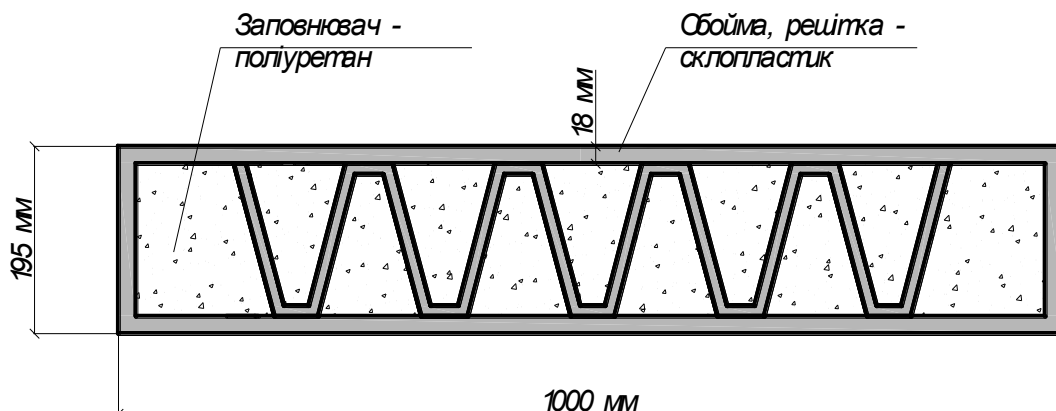
Останнім часом певне застосування в сучасному транспортному будівництві набувають композитні матеріали, що виступають альтернативою металевим (рис. 1 – рис. 3).

Прикладом композитної плити є тришарова плита типу “сандвіч” – ПТС, що складається з двох сталевих плит та твердого полімерного (поліуретанового) заповнювача. Така плита може бути використана як для нового мостового будівництва (рис. 4а), так і для реконструкції існуючих ортотропних плит (рис. 4б).

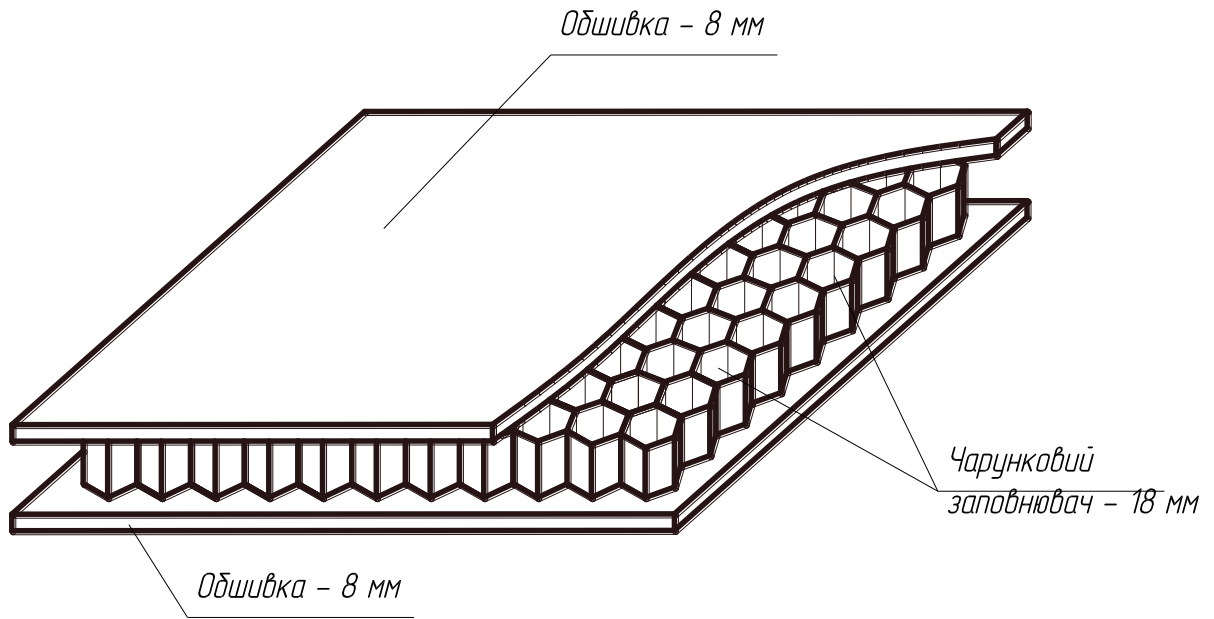
“Сандвіч”, що навантажений як пластина, забезпечує високий згинальний опір та згинальну жорсткість. Низька щільність матеріла заповнювача зумовлює легкість ПТС. Крім того, вони мають високі демпфуючі здатності (шум), ізолюючі властивості (температура) та вогнестійкість.

Нові плити ПТС можливо виготовляти як у цеху, так і на місці, заливаючи поліуретанову масу в підготовлені порожнини, наприклад, Elastocoat фірми ["Elastogran GmbH"](#) (BASF Gruppe, Германия).

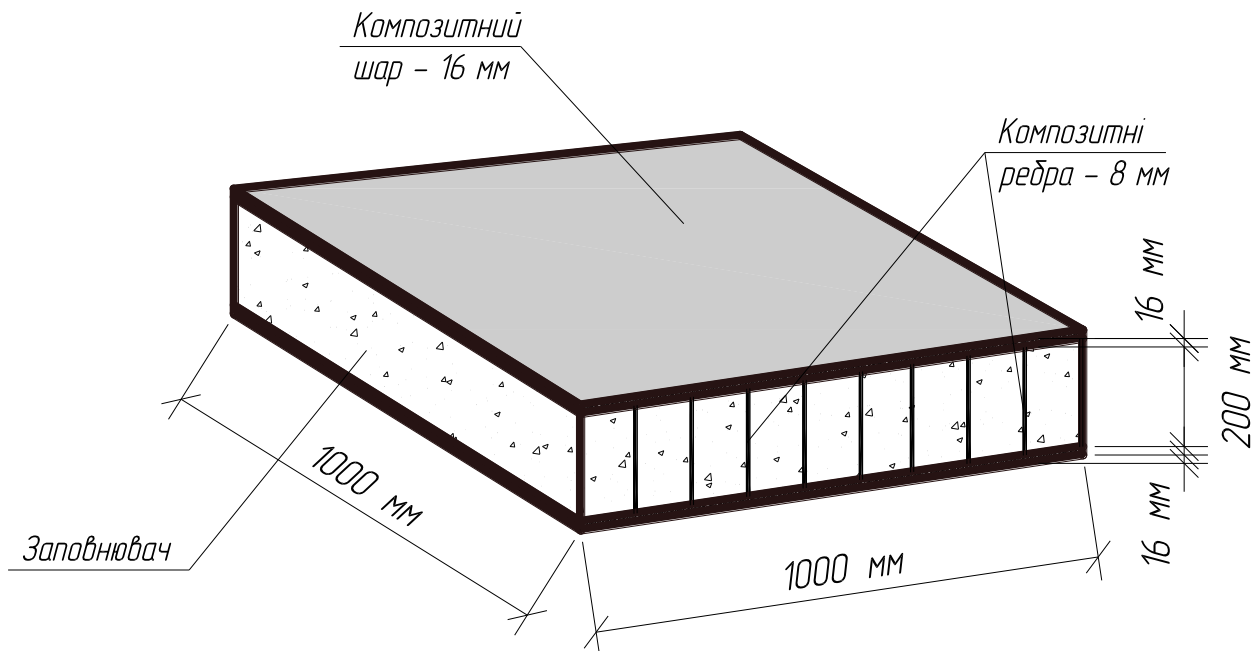
Композитні плити при розрахунках розглядаються як конструкції, що складаються з шарів різних матеріалів: плити (пластини), балки.



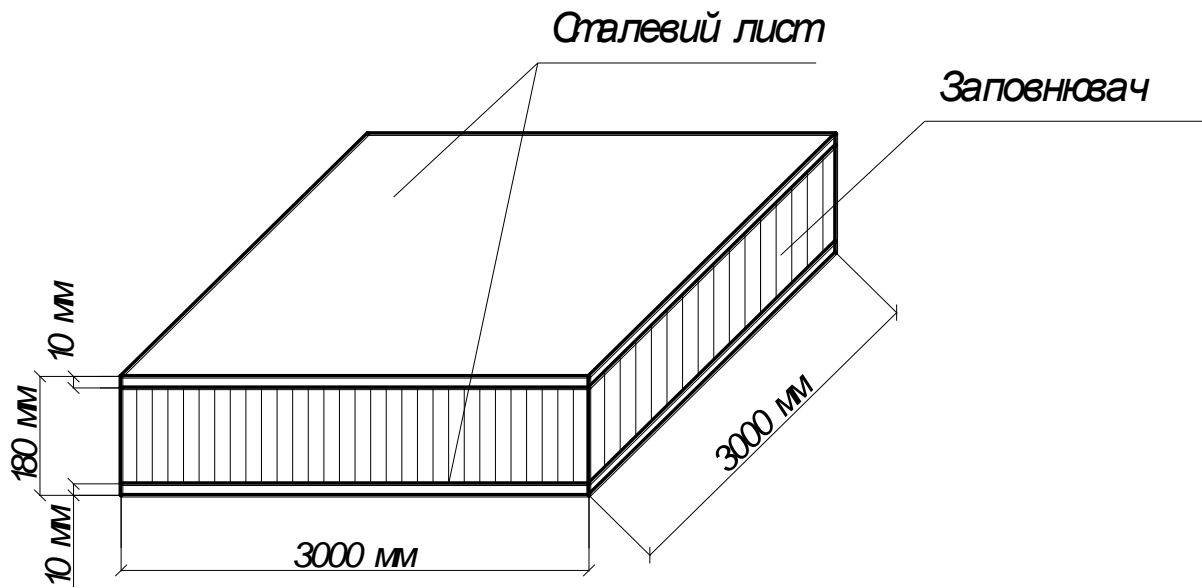
**Рисунок 1** – Плита ПТС з обіймою та решіткою з склопластику та заповнювачем з поліуретану



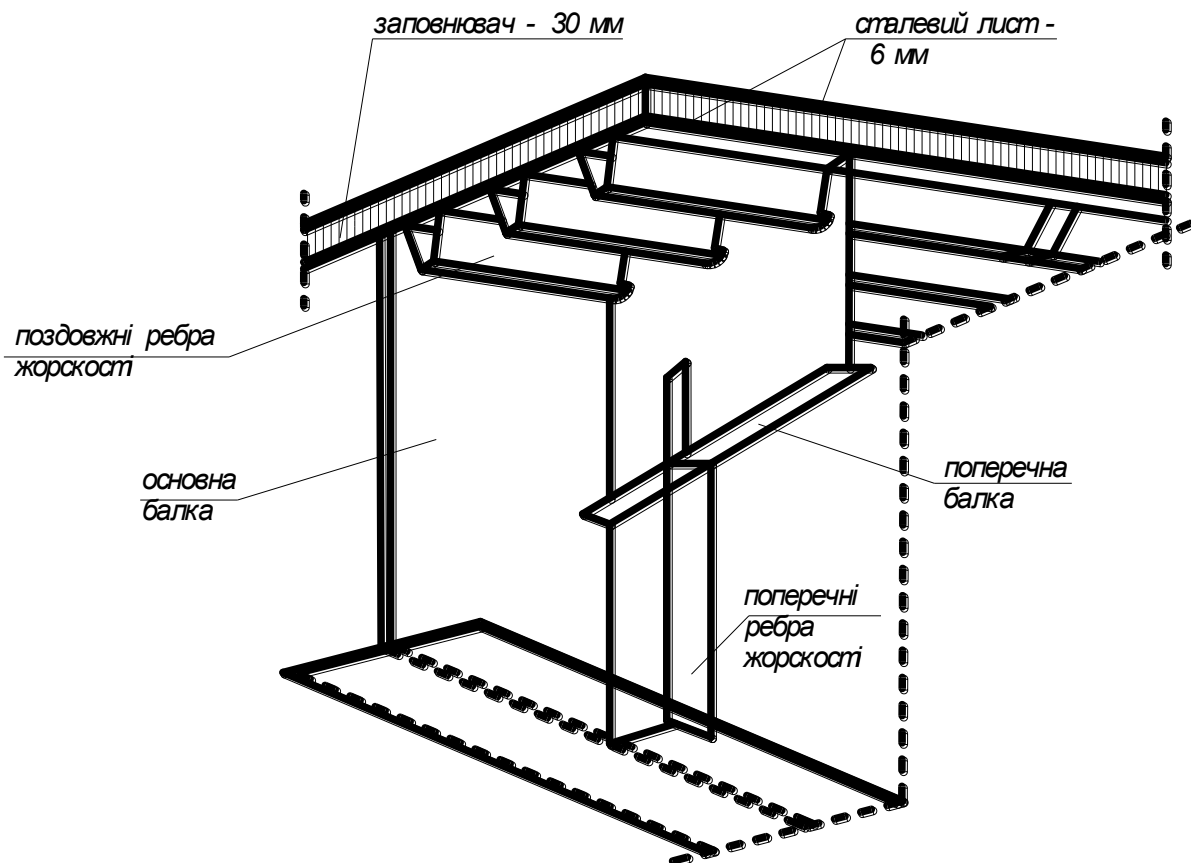
**Рисунок 2** – Плита ПТС із сталевими зовнішніми шарами та чарунковим заповнювачем



**Рисунок 3** – Плита ПТС з зовнішніми композитними шарами, що з'єднані з композитними ребрами та поліуретановим заповнювачем



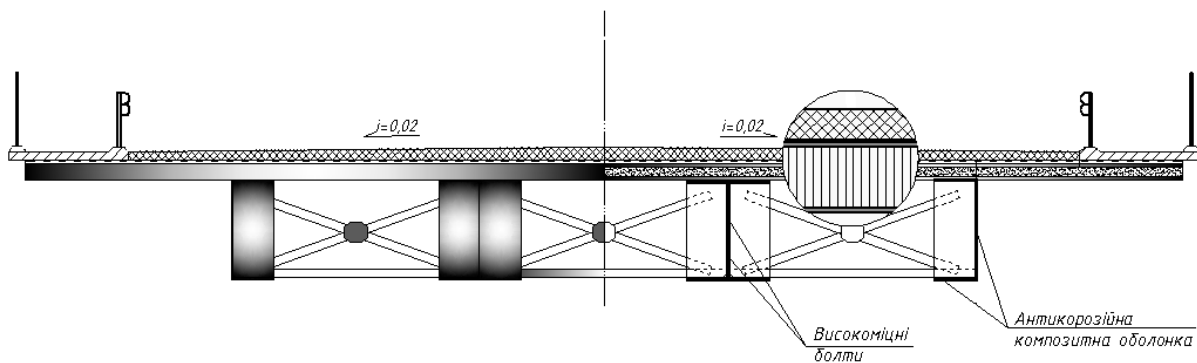
а)



б)

**Рисунок 4** – Плита ПТС з зовнішніми сталевими шарами, що об'єднані твердим полімерним (поліуретановим) заповнювачем (випадок а – для нового будівництва, випадок б – для реконструювання існуючих мостів з ортотропною плитою проїзної частини)

Об'єктом розрахунку є композитна шарувата плита проїзної частини сталевих прогонових будов, що працює спільно зі всією будовою в рамках просторової схеми. На рис. 5 представлено приклад поперечного перерізу сталевий прогонової будови з композитною шаруватою плитою ПТС (плита типу “сандвіч”) проїзної частини. Конструкція “сандвіч” представляє собою тришарову плиту з двома сталевими шарами та поліуретановим заповнювачем посередині, який моделюється трансверсально-ізотропним матеріалом.



**Рисунок 5** – Приклад конструкції поперечного перерізу мостовий прогонової будови з плитою ПТС (поперечний переріз)

Плита проїзної частини являє собою конструкцію, виготовлену з матеріалів різної жорсткості.

Такі плити піддатливі деформаціям поперечного зсуву, що не дозволяє прямого використання класичної (технічної) теорії, основаної на гіпотезах недеформованої нормалі. Отже, при розрахунку виникає необхідність використання теорії, яка враховує деформації зсуву.

Розглянемо розрахунок методом аналогій мостовий конструкції, яка складається з композитної плити “сандвіч” на балочному ростверку. На рис. 6 наведена ця конструкція. Вона представляє собою чотири головні балки висотою 1,20 м, прольотом 24 м, та плити ПТС загальною товщиною 18 см, поверх якої укладені гідроізоляція та шари дорожнього одягу (рис. 7).

Робота плити розглядається сумісно з балочним ростверком.

По контуру плита обрамлена сталевий діафрагмою товщиною 0,2 см, яка об'єднує зовнішні шари плити ПТС. В крайових зонах пропонується

влаштування діафрагми товщиною 1 см (товщина листа ПТС), що дає можливість знизити напружений стан.

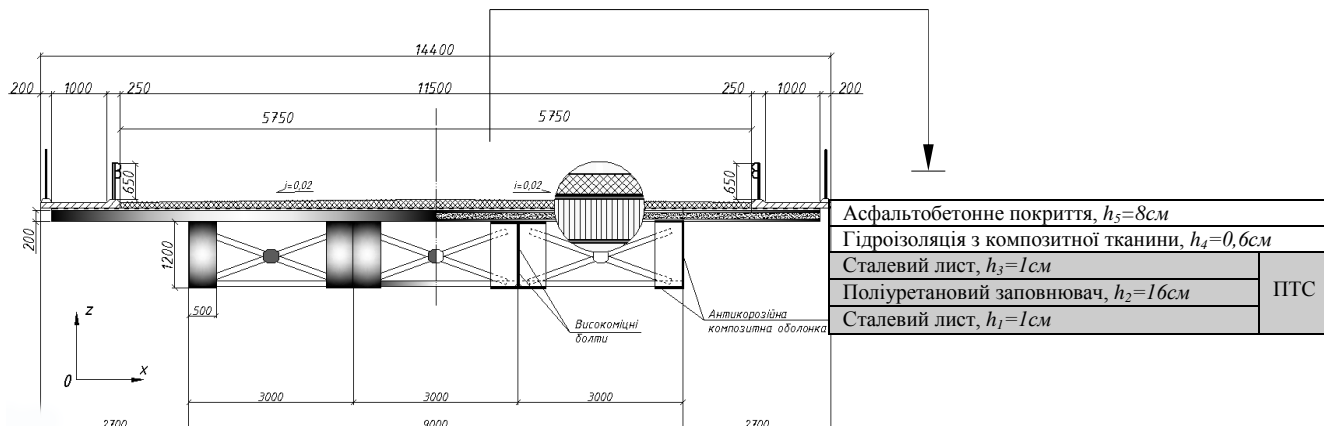


Рисунок 6 – Поперечний переріз прогонової будови з плитою ПТС

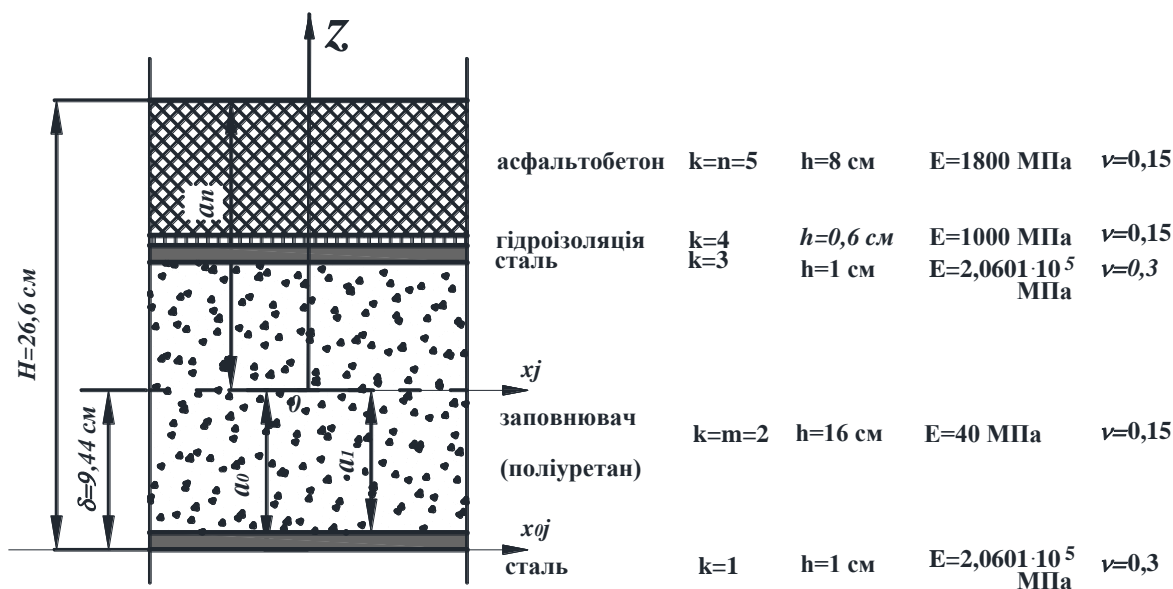
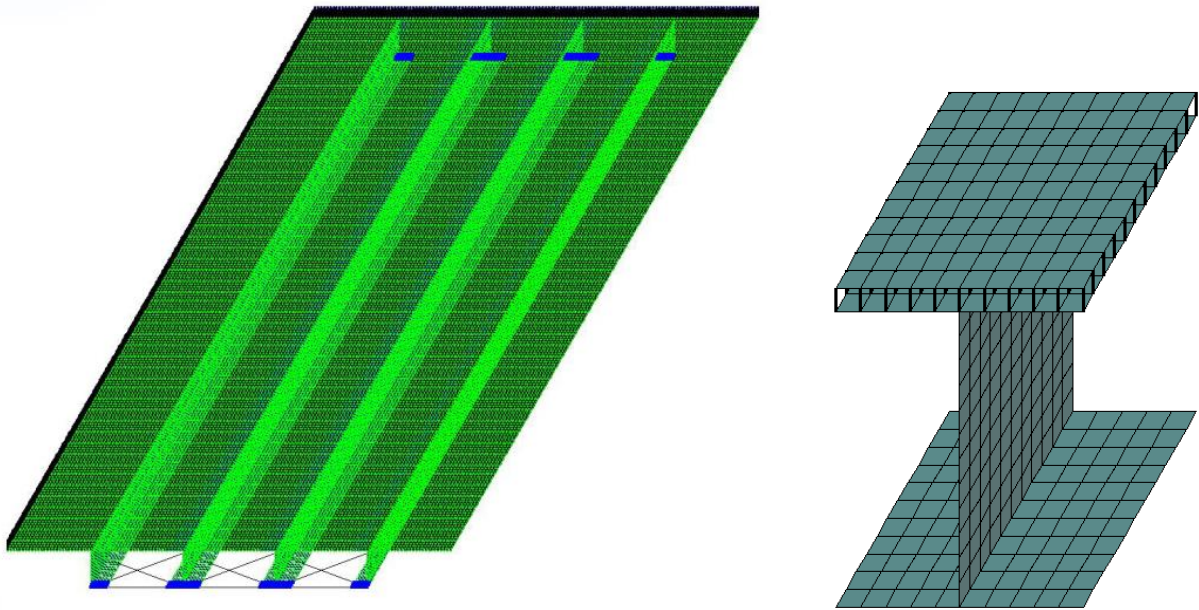


Рисунок 7 – Структура композитної плити прогонової будови

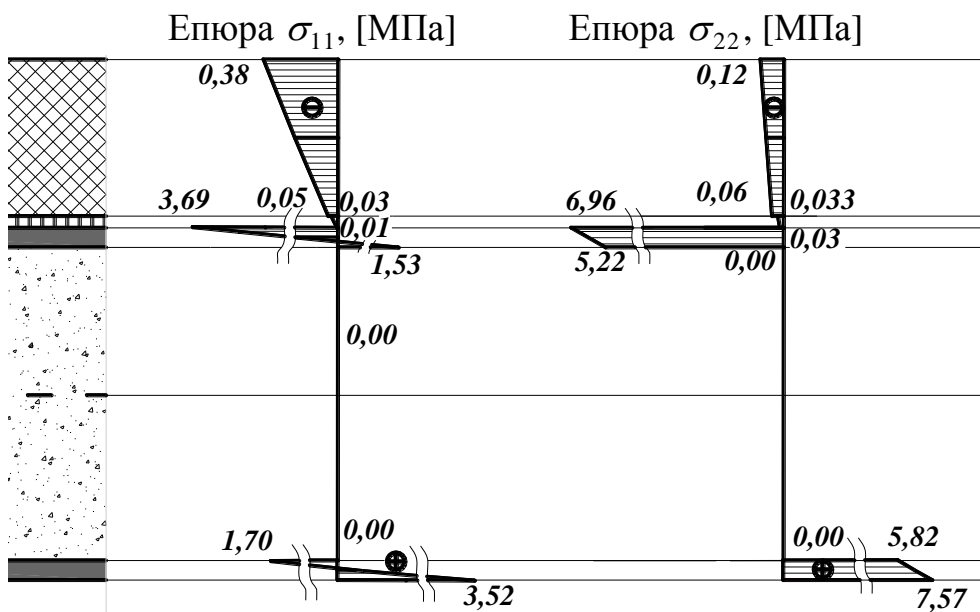
Крайові балки – зварні швелери (товщина стінки 1 см, полки – 2 см), середні балки – двотаври із спарених швелерів, поєднаних за допомогою високоміцних болтів. Розрахункова схема розглядуваної просторової системи наведена на рис. 8. Плита та плоскі елементи балок моделюються двовимірним SE оболонки нульової кривизни. Поперечні в'язі у вигляді кутників моделюються універсальними просторовими стержневими SE. Згідно з ДБН розглянуто різні комбінації навантажень: постійне (власна вага) та тимчасове (А-15, НК-100).



**Рисунок 8** – Розрахункова схема та вузол стикування верхньої поверхні балочного ростверку з плитою ПТС

Для ілюстрації на рис. 9 подано епюри нормальних напружень, розрахованих на основі методу аналогій, в центральній точці плити від власної ваги ПТС.

Розрахунок конструкції прогонової будови показав, що міцність сталевих листів і заповнювача ПТС забезпечено.



**Рисунок 9** – Епюри нормальних напружень

Міцність плити оцінено при небезпечній комбінації навантажень “власна вага+НК-100”. Визначені екстремальні напруження в нижньому листі як еквівалентні за IV теорією міцності  $\sigma_{екв}^{IV} = 406,3 \text{ МПа} \approx R_y'$ , де  $R_y'$  – розрахунковий опір сталі. Таким чином, міцність в найбільш небезпечній зоні забезпечено. Деформований стан та жорсткість плити оцінено при комбінації навантажень “власна вага + А15”, при якому спостерігаються найбільші прогини, які знаходяться в межах допустимих значень.

### Висновок

Композитна плита типу “сандвіч” є альтернативою плитам металевих мостів завдяки своєму високому опору згину при невеликій власній вазі.

### Література

1. Карпиловский В.С. Вычислительный комплекс SCAD / В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко, А.В. Перельмутер, М.А. Перельмутер // М.: Издательство АСВ, 2004. – 592 с.
  2. Піскунов В.Г. Конструювання та розрахунок нових типів мостових прогонових будов монтажних блоків / В.Г. Піскунов, В.С. Сіпетов, Б.В. Гриневицький, М.Г. Парубець, І.О. Кондрюкова, Р.В. Гриневицький // Збірник наукових статей “Дороги і мости”. Випуск 7. Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М.П. Шульгіна, 2007. – С. 106 – 114.
  3. Рассказов А.О. Теория и расчет слоистых ортотропных пластин и оболочек / А.О. Рассказов, И.И. Соколовская, Н.А. Шульга // К.: Вища шк. Голов. изд-во. – 1986. – 192 с.
  4. Рябов О.Ф. Розрахунок багат шарових оболонок / О.Ф. Рябов // К.: Будівельник, 1968. – 96 с.
- Сахаров А.С. Математическая модель деформирования многослойных композитных оболочечных систем / А.С. Сахаров, А.Л. Козак, А.В. Гондляр, С.Л. Мельников // Соппротивление материалов и теория сооружений. – К.: Будівельник, 1984. – № 44. – С. 13 – 16.