

Бактыгулов К.

КОНСТРУКЦИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С ВНЕШНИМ АРМИРОВАНИЕМ

К. Baktygulov

DESIGN OF COMPOSITE SLABS WITH EXTERNAL REINFORCEMENT

УДК: 624.012.35-624.012.45

В статье рассмотрены примеры применения комбинированных перекрытий в США, Германии, Австрии, Чехии и Польше. При изучении работы комбинированных перекрытий многоэтажных зданий в сочетании со стальным каркасом делается вывод о снижении собственного веса конструкции в целом, необходимости обеспечения совместности работы как монолитного бетона с настилом, так и плиты с прогонами, изучении работы плиты перекрытия с железобетонными прогонами.

Ключевые слова: комбинированные перекрытия, стальные прогоны, железобетонные прогоны, стальной профилированный настил, статболты.

Бул макалада комбинацияланган калкалардын АКШ, Германия, Австрия, Чехия жана Польшада колдонулган тажрыйбалары изилденген. Тажрыйбаларды изилдөөнүн натыйжасында болот каркас менен комбинацияланган калканын салттуу калкаларга салыштырмалуу өздүк салмагынын төмөндүгү белгиленет, мындай конструкцияда сөзсүз түрдө чулу бетон менен төшөмөлдүн, такта менен сундурманын чогуу иштөөсүн камсыз кылуу муктаждыгы, ошол эле тактанын темир бетон сундурмалары менен иштөө тажрыйбаларын изилдөө керектиги жөнүндө тыянак чыгарылат.

Негизги сөздөр: комбинацияланган калка, болот сундурмалар, темир бетон сундурмалар, профилденген болот төшөмөл, статбуруолор.

The article describes the examples of usage of the composite floors in the USA, Germany, Austria, Czech Republic and Poland. In the study of composite floors of multi-storey buildings in conjunction with steel frame, the conclusion is that the structure's own weight should be reduced as a whole, the need to ensure the compatibility of work as monolithic concrete flooring, and also slabs with beams, the study of works of floor slabs with reinforced concrete beams.

Key words: composite slab, steel girders, concrete girders, steel corrugated decking, stability.

Комбинированные монолитные перекрытия состоят из железобетонной плиты с внешним армированием и несущего элемента. В качестве внешнего армирования применяются стальные листы различного профиля. Имеющиеся до настоящего

времени примеры использования стальных профилированных настилов в перекрытиях свидетельствует о преимущественном применении в качестве несущего элемента стальных балок и ферм. В странах дальнего зарубежья, где широко применяются такие перекрытия, основаны на следующих причинах:

- монолитные перекрытия с внешним армированием благодаря своей меньшей массе зачастую применялись при строительстве высотных зданий со стальным каркасом. С развитием численности населения в городах и нехваткой земельных ресурсов для строительства тенденция к высотному строительству себя оправдывает;

- в связи с развитием техники и технологии появилась необходимость строительства многоэтажных производственных зданий с перекрытиями под большие полезные нагрузки (50÷150 кПа);

- разработка и выпуск высокопроизводительных сварочных аппаратов для приварки гибких анкеров к верхней полке стальных балок;

- отсутствие конкурентоспособных вариантов железобетонных балок со стальными и систем их объединения с монолитной плитой.

В качестве несущего элемента перекрытия используемые стальные балки изготавливаются из широкополочных или сварных профилей со сплошной (рис. 1, а), сквозной (рис. 1, б) или решетчатой стенкой и составного сечения (рис. 1 в). Возведение таких перекрытий осуществляются по двум конструктивным схемам. По первой схеме главные балки по короткому пролету опираются непосредственно на колонны, на них устанавливаются второстепенные балки, на которые, в свою очередь, укладываются стальные профилированные настилы (рис. 1, г). Вторая конструктивная схема отличается расположением в одном уровне верхних поясов главных и второстепенных балок. При этом главные балки перекрывают большой пролет, а второстепенные балки служат опорой для стальных профилированных настилов (рис. 2, б; рис. 3, а, б).

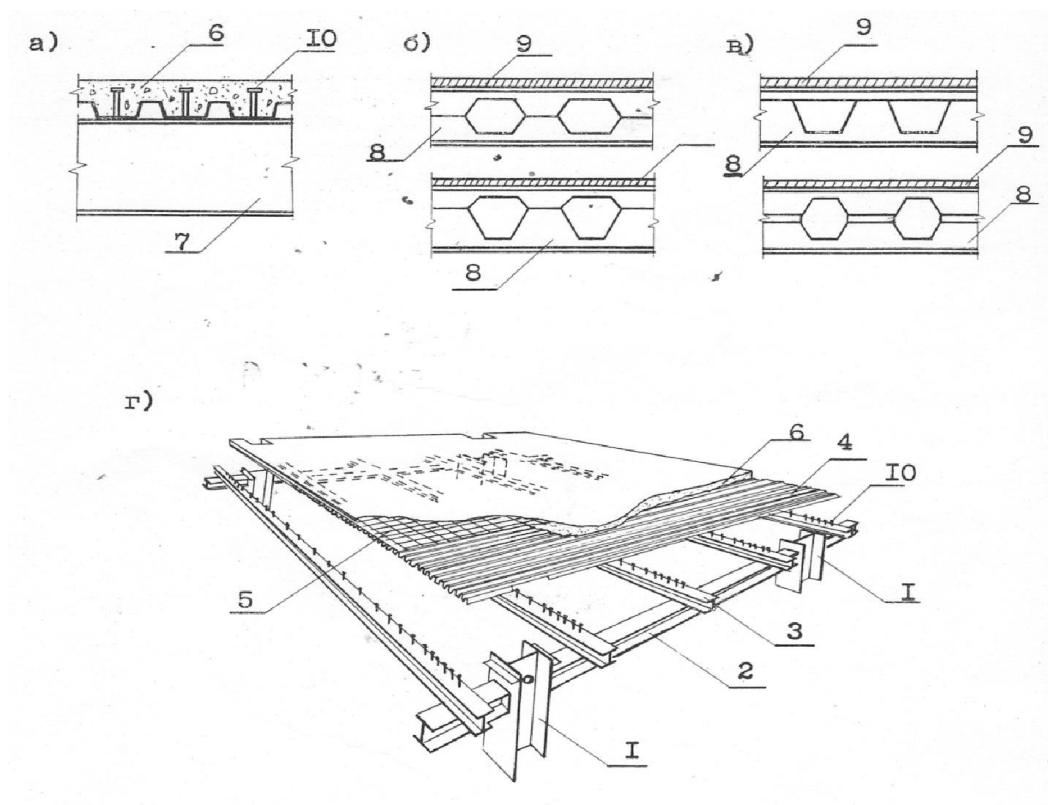


Рис. 1. Комбинированное перекрытие, выполненное по стальным балкам.

а - со сплошной стенкой; б, в - со сквозной стенкой; г - перекрытие, выполненное по второстепенным балкам, опертым поверху главных; 1 - колонна; 2 - главная балка; 3 - второстепенная балка; 4 - настил; 5 - арматурная сетка; 6 - монолитный бетон; 7 - балка со сплошной стенкой; 8 - балка со сквозной стенкой; 9 - плита перекрытия; 10 - анкерные штыри.

Система «Inryco», разработанная фирмой «Inland-Ryerson Construction Products Co» была использована при возведении перекрытий 110-этажного здания «Sears Tower» в г. Чикаго [1, 2] (рис. 2, а). Коробчатые настилы шириной 2,0 м и пролетом 6,0 м, выполненные из листовой стали толщиной 1,0 мм, опираются на систему ферм с параллельными поясами длиной 30,0 м. Высота ферм составляет 1,6 м.

Совместность работы плиты и фермы обеспечивается анкерными штырями диаметром 19 мм, высотой 114 мм, приваренными через настил к прогону с помощью сварочного аппарата «Nelson». Толщина монолитного слоя бетона 51 мм прочностью 28,0 МПа. За счет обеспечения совместности работы плиты и фермы собственный вес последней уменьшен примерно на 25%.

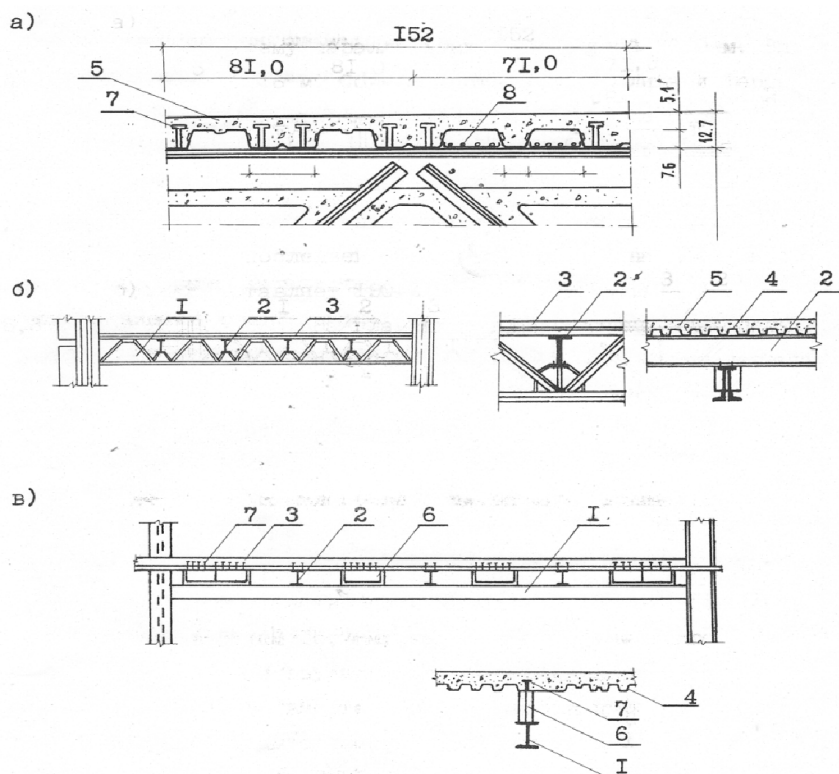


Рис. 2. Конструкции комбинированных перекрытий, возводимых в США.

а – система «Inrguso» (г. Чикаго); б – административного здания в г. Миннеаполис; в – на балках составного сечения; 1 – главные балки; 2 – второстепенные балки; 3 – плита перекрытия; 4 – настил; 5 – монолитный бетон; 6 – корытышки; 7 – дюбеля; 8 – проводки.

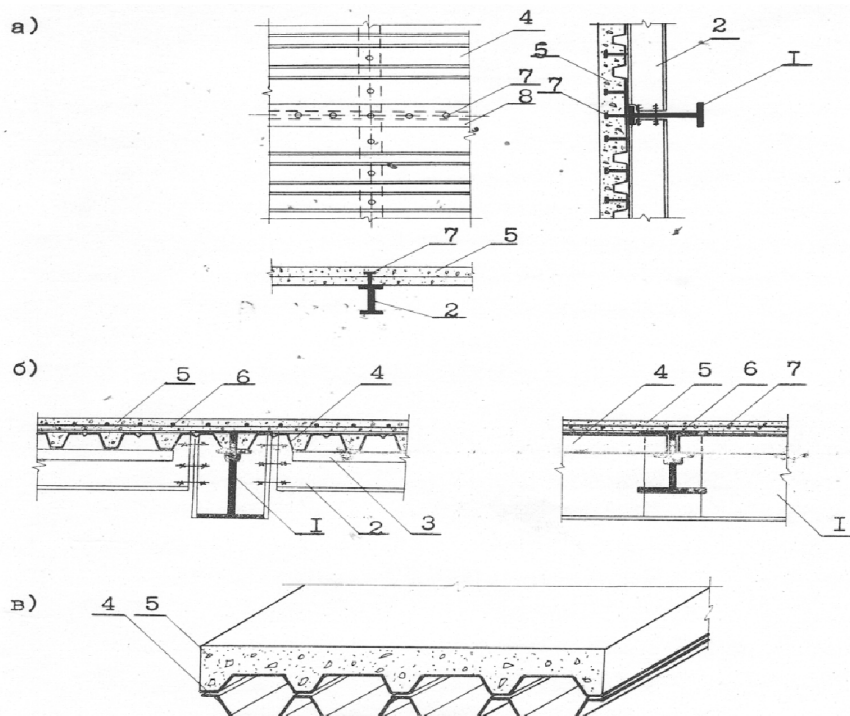


Рис. 3. Конструкции комбинированных перекрытий, применяемых в Чехии и Польше.

а – система «VIP»; б – перекрытие экспериментального здания (г. Садск); в – перекрытие здания «Metalplast» (г. Познань); 1 – главная балка; 2 – второстепенная балка; 3 – полка из уголков; 4 – настил; 5 – бетон; 6 – продольные стержни; 7 – поперечные стержни; 8 – вставной лист.

Масса перекрытия на 1 м² составляет 190–210 кг. На главных стальных решетчатых балках, пролетом 10,7 и 18,3 м, высотой 0,737 и 0,813 м, решены перекрытия двух 110-этажных зданий Международного торгового центра в г. Нью-Йорке. На второстепенные балки, размещенные с шагом 4,1 м, укладывались стальные профилированные настилы с волнами высотой 38 мм. Толщина слоя монолитного легкого бетона составляла 10,0 см. В конструктивном решении административного здания в г. Миннеаполис (США) [3] в качестве главных балок применены плоскопараллельные фермы пролетом 15,7 м, на нижние узлы которых опираются второстепенные балки двутаврового сечения. Верхние узлы главных балок обетонированы вместе с настилом, который приваривался к второстепенным балкам с помощью статболтов со «шляпкой» (рис. 2, б). В Германии комбинированные перекрытия возводятся по двум основным принципам [4]. В конструкциях системы «Trapezblechdecken» не обеспечивается совместная

работа бетона и настила. Настилы изготавливаются из листов толщиной 0,89 мм и более. Бетон используется прочностью порядка 15 МПа с толщиной полки более 5,0 см. В конструкциях перекрытий типа «Verbunddecke» запроектирована совместная работа как бетона с настилом, так и плиты со стальными балками, что позволяет существенно повысить подвижную жесткость и несущую способность перекрытий. Применяемые настилы «Holorib» изготавливаются из листов толщиной 0,75; 0,88 и 1,0 мм. Высота гофров – 38 и 51 мм. Допускаемая нагрузка до 3000 кг/м². Толщина плиты колеблется в зависимости от пролета и нагрузок от 12 до 16 см. Пролеты плит при двух промежуточных временных опорах может достигать 6,0 м [5,6]. Совместность работы плиты, как верхнего пояса комплексной конструкции, с прогонами обеспечивается приваркой через настил вертикальных стальных болтов (рис. 4, а) Выпускаемые фирмами «Hoesch», «Holorib» листы имеют трапецевидную форму и форму типа «ласточкина хвоста».

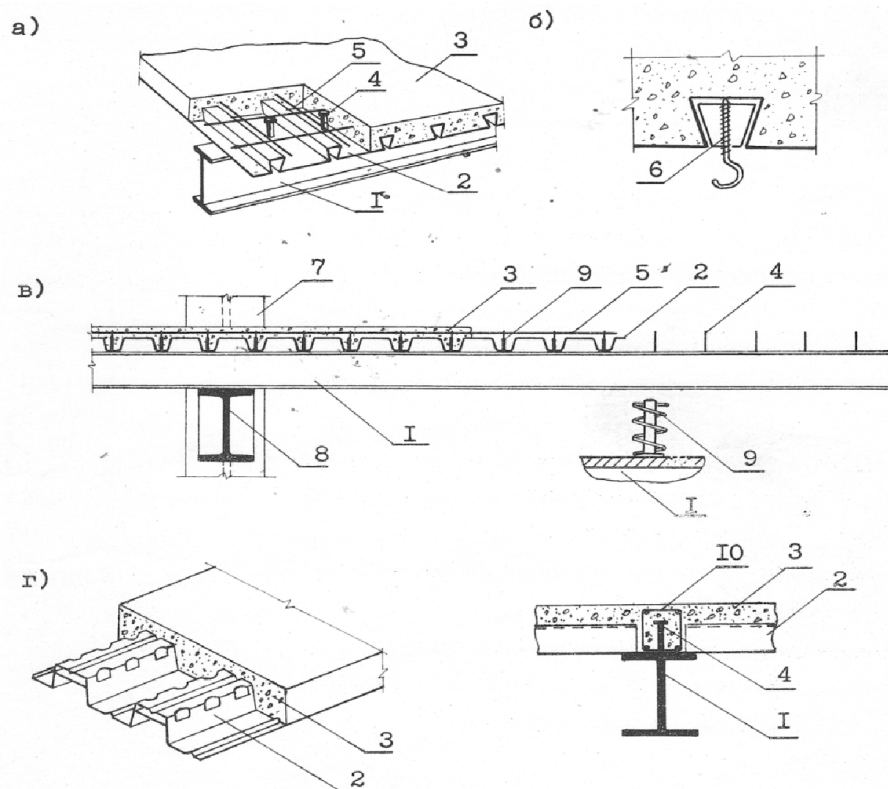


Рис. 4. Система перекрытий, применяемых в Германии.

- а – система «Holorib»; б – анкерный крюк системы «Holoclips» для устройства подвесного потолка;
 в – комплексное перекрытие со стальным каркасом; г – система «RESO»;
 1 – второстепенная балка; 2 – настил; 3 – бетон; 4 – анкерные болты; 5 – арматурная сетка; 6 – крюк «Holoclips»;
 7 – колонна; 8 – главная балка; 9 – спиральный элемент; 10 – хомут.

Анкерующая форма гофров используется и для крепления элементов подвесного потолка с помощью анкерных крюков системы “Holoclips” [7] (рис. 4, б). При строительстве зданий школ, институтов и больниц применяются комплексные перекрытия в сочетании со стальным каркасом [8] (рис. 4, в). Сетка каркаса варьируется от 7,2 до 14,4 м, все элементы которого выполнены из широкополочных двутавров. Главные балки опираются по короткому пролету. На второстепенные балки, укладываемым поверху главных балок, привариваются вертикальные дюбели, обеспечивающие взаимосвязь балок с плитой перекрытия. Стальной настил “Holorib” имеет трапециевидную форму, высота которого назначается в зависимости от пролета и рабочей нагрузки. В настиле, по месту контакта с балкой, предусматриваются отверстия, соответствующие расположению дюбелей на полках второстепенных балок. На пропущенные через отверстия листов дюбели надевают стальные спиральные элементы для обеспечения лучшего сцепления и уменьшения концентрации срезающих напряжений бетона. Общая толщина перекрытия, вместе с настилом, в зависимости от нагрузки составляет $12 \div 16$ см. Междуетажные перекрытия данного типа образуют жесткие диски, способные передавать внешние горизонтальные нагрузки на диафрагмы. За счет заглублений ребер настила в бетоне предел огнестойкости таких перекрытий доходит до 120 минут. В г. Дармштадт (Германия) высшая техническая школа разработала систему перекрытия “RESO-Verbunddecken” отличающуюся повышенной сопротивляемостью сдвигу. Настил “RESO” производится фирмой “Hütten Krems Ges” [9]. В Австрии такой настил выпускает фирма “Vöest Alpine” [10]. Толщина листов 0,88; 1,0; 1,13; 1,25; 1,50 и 1,75 мм. Высота гофра 90 мм. Особенностью этого настила является наличие выштампованных, по верхним ребрам гофра, отверстий. С нижней стороны верхнего гофра предусмотрены полки для удержания бетона, проникающего в отверстия листа (рис. 4,г). Пролет плиты, благодаря высоте профиля и толщине листа, достигает 8,0 м. Толщина бетона над верхней полкой составляет от 5,0 до 15,0 см. Класс бетона В25 и В35. Величина суммарных допускаемых нагрузок от 5,5 до 25,0 кПа. Опираемые такие настилы осуществляют-

ся как на стальные, так и на железобетонные балки. Объединение плиты с балкой приведено на рис. 4, д.

На основании сделанного анализа применения стальных профилированных настилов в комбинированных перекрытиях многоэтажных зданий в ряде стран – США, Германии, Австрии, Чехии и Польше можно сделать следующие выводы: - комбинированные перекрытия взамен традиционных облегчают собственный вес конструкции в целом и успешно применяется в сочетании со стальным каркасом; - достаточно хорошо изучена работа комбинированного перекрытия со стальным каркасом и успешно применяется за рубежом; - в целях снижения расхода стали необходимо проанализировать опыты применения и изучение работы комбинированного перекрытия с железобетонными прогонами.

Литература:

1. Деллер Э. Развитие стальных перекрытий коробчатого профиля. – Гражданское строительство, журнал американского общества гражданских инженеров, 1971, № 7, с. 33-39.
2. Sweet's Architectural Catalog File. Sweet's catalog service. New York, 1972, Part. 5 (реферативный сборник по материалам Sweet's catalog). – М.: ЦИНИС, 1974, 126 с.
3. Bandel H. Wirtschaftliche Erwägungen Führen zu neuen Konstruktion. Prinzipien für ein Hochbau den USA. – Bauingenieur, 1972, № 9, s. 325-327.
4. Конструкции перекрытий с применением стального профилированного настила. – М.: ЦИНИС. Реферативный сборник. 1980. Сер. VIII, вып. 2, с. 4-8.
5. Davis C. Steel concrete composite beams for buildings. – London, George Godwin Limited, 1975. – 125p.
6. Vogel P., Mucss H. Verbunddecke aus stahiblech und Beton. – Baumeister, 1977, № 3, s. 257-260.
7. Конструкции комбинированных перекрытий с применением стальных профилированных листов (обзорная статья). – М.: ЦИНИС. Реферативный сборник. 1977, сер. VIII, вып. 9, с. 62-66.
8. Конструкции многоэтажных зданий с применением профилированных стальных настилов “Holorib” (ФРГ). – М.: ЦИНИС. Реферативный сборник. 1975, сер. VIII, вып. 21, с. 10-13.
9. Сталежелезобетонная конструкция перекрытия с повышенным сопротивлением сдвигу (ФРГ). – М.: ЦИНИС. Реферативный сборник. 1978. Сер. VIII, вып. 7, с. 44-48.
10. Конструкция сталежелезобетонного перекрытия типа “RESO” (Австрия). – М.: ВНИИИС. Экспресс-информация. 1981, сер. 8, вып. 1.

Рецензент: к.т.н., доцент Рыспаев Дж.А.