

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕРМ, ПРОКАТНЫХ И СВАРНЫХ БАЛОК, А ТАКЖЕ БАЛОК С ГОФРИРОВАННЫМИ СТЕНКАМИ

Камбар Н.¹, Эбилхан Э.¹, Брянцев А.А.²,

¹ст. гр. Стр-18-5 МОК (КазГАСА)

¹ст. гр. Стр-18-5 МОК (КазГАСА)

²доктор философии(PhD) МОК (КазГАСА)

Аннотация: Статья посвящена исследованию эффективности использования, экономической выгоды и целесообразности замены горизонтальных конструкций как ферма, прокатные и сварные балки, а также балки с гофрированными стенками.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF USING TRUSSES, ROLLED AND WELDED BEAMS, AS WELL AS BEAMS WITH CORRUGATED WALLS

Kambar N., Ebilhan E., Bryancev A.A.

Annotation: The article is devoted to the study of the efficiency of use, economic profitability and feasibility of replacing horizontal structures such as trusses, rolled and welded beams, as well as beams with corrugated walls.

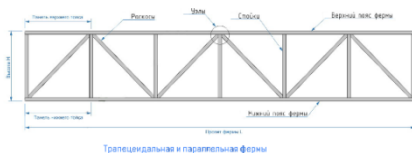


Рисунок 1. Схема элементов ферм

Введение

Ферма - структура, которая состоит из отдельных наклонных раскосов или вертикальных стоек, которые соединены между собой в отдельные узлы, расположенные на нижнем и верхнем поясе фермы с

помощью различных соединений, их совокупности образуют жесткую или шарнирную конструкцию. Связанные стойки равномерно распределяют нагрузку по всей конструкции фермы, которая передает ее через опорные колонны на фундамент [1].

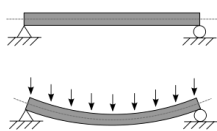


Рисунок 2. Статически определимая балка

Балка — линейный элемент несущих конструкций, опирающийся на оба конца и работающий преимущественно на изгиб. Изготавливаются различных сечений (тавровая, двутавровая, коробчатая балка, брус и другие)[2].

Гофрированная двутавровая балка – это балка, пояса которой выполнены из металла произвольного сечения и гофрированной (изогнутой) стенки в

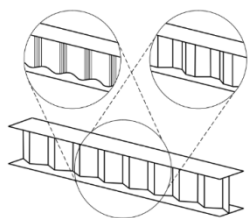


Рисунок 3.
Гофрированная
двутавровая

поперечном направлении. У балок гофрированные стенки могут быть с треугольным профилем гофрирования, волнистым, трапециевидным, прямоугольным и т.д. (рисунок 3). Пояса таких балок выполняются из прокатной стали, гнутых профилей, электросварных труб, железобетонных элементов [3].

Расчет металлических ферм, прокатных и сварных балок и балок с гофрированными стенками в программных комплексах ЛИРА-САПР

ПК ЛИРА - многофункциональный программный комплекс для проектирования и расчета строительных и машиностроительных конструкций различного назначения. Реализованный метод расчета - метод конечных элементов (МКЭ). Выполняется расчет на статические (силовые и деформационные) и динамические воздействия. Производится подбор и проверка сечений стальных конструкций, армирование сечений железобетонных и сталежелезобетонных конструкций. Выдаются чертежи стадии «рабочий проект» марок КЖ, КМ.

Для начала работ расчета нужно было определить общую суммарную величину нагрузок для горизонтальных конструкции, который будет необходима при дальнейших расчетах на программе ЛИРА-САПР. Поэтому была построена таблица №1 и с помощью нее выведен результат.

Таблица №1. Сбор нагрузок

№	Наименование	Вес конструкции кг/м ²	g _{нормат.} нагрузка Н/м ₂	γ _{кОЭ} ф. надеж	g расчетн. Нагрузка
1	Постоянные нагрузки				
1.3	С44-1000-0,7 оцинк. Масса 1 кв. м – 7.4 кг/м ² Профнастил оцинк.	7.4	72.59	1.05	76.22
1.4	Утеплитель t=150 мм p=20 кг/м ³	3.00	29.43	1.30	38.26
1.5	Гн шв 100x50x5 Масса 1 п/м - Нержавеющий швеллер	4.76	46.70	1.05	46.03
1.6	С21-1000-0,7 оцинк. Масса 1 кв. м – 7.4 кг/м ² Профнастил оцинк.	7.4	72.59	1.05	76.22
2	Временная нагрузка				
2.1	Снеговая нагрузка	180	1500	1.4	2100
3	Общий итог				
	Итого		1721.31	Всего	2336.73

В итоге вышло 2336.73 кг на 1 п.м. Для обширных результатов исследования, мы приняли разные длины 12,18,24,30,36,48 и для каждого рассчитали нагрузку и назвали его «экспериментальная нагрузка».

Для расчета в компьютерном комплексе необходимо было подобрать из 41 вида ферм самый эффективный вариант, мы воспользовались научной работой Дюсебаева Н., Маусымбек Ш. «Сравнительный анализ работы ферм различного очертания и видами соединения с использованием современных компьютерных расчетных комплексов», и выбрали вид фермы Ф2.

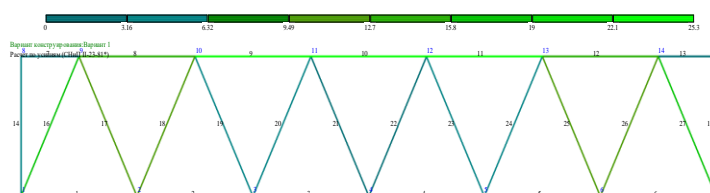


Рисунок 4. Самая эффективная ферма Ф2

Сравнительный анализ по расчету в программах ЛИРА-САПР

Был сделан сравнительный анализ ферм (Табл. №2) и балок (Табл. №3), ниже показаны только часть сравнительных анализа.

В процессе проектирования прокатных балок в программном комплексе ЛИРА-САПР заметили, что начиная с определенного пролета не обеспечивается несущая способность. Исходя из этого, рекомендуется использовать сварные балки при пролете выше 18 м.

Таблица №2. Сравнительный анализ ферм

Фермы	Эскизы ферм	Форма профиля	Сечения профиля	Wt, кг/м.п.	Размер фермы(л*ш)	Длина стержней фермы (м)	Стоимость сечения, тг/м	Масса фермы, кг	Стоимость фермы, тг	Первое предельное состояние	Второе предельное состояние	Местная устойчивость стальных стрижней	Деформативность от экспериментальной нагрузки, мм		
Ф1-1			Стойка, раскос,		12x2.25	31,5	6814	449,97	299601	89,3	94,2	0	-4,78		
			ниж. пояс	89x5			10,35							12	7080
			верх пояс	108x4			10,26								
Ф1-2			ниж. пояс	20x20x3	1,7734	12x2.25	4,5	12	559,352	128006	96	99,9	55,6	-4,1	
			раскос2	35x35x3	21,58			7,5							1393
			стойки	45x45x3	4,158			4,5							1711
			раскос1	63x63x5	9,62			7,5							2763
			верх пояс	110x110x7	23,78			12							6543

Таблица №3. Сравнительный анализ балок

Балки	Эскизы балок	Сечения профиля	Wt, кг/м.п.	Длина балки, м	Стоимость сечения, тг/м	Масса балки, кг	Стоимость балки, тг	Первое предельное состояние	Второе предельное состояние	Местная устойчивость стальных стрижней	Деформативность от экспериментальной нагрузки, мм
Б1-1		60Ш1	142,1	12	59640	1705,2	715680	58,2	74,6	42,6	-26,9
Б1-2		60Е2	115,6	12	40698	1387,2	488376	73,3	91,4	48,8	-32,9

Далее, балки были заменены на сварные двутавры с гофрированными стенками:

БГС – предназначенные для прямой замены двутавров стальных горячекатаных с параллельными гранями полок типа «Б»;

ШГС – предназначенные для замены двутавров стальные горячекатаные с параллельными гранями полок типа «Ш» [7].

Для замены одного профиля – размера прокатного двутавра внутри каждого типа сварных двутавров с гофрированными стенками подбираем профиль – размеры, исходя из условий обеспечения каждым вариантом (Вариант 1, 2) со своими критериями[7].

Двутавр с параллельными гранями полок 40 Б1 на двутавр сварной с гофрированной стенкой 40/50БГС1; двутавр с параллельными гранями полок 30 Ш на двутавр сварной с гофрированной стенкой 30/37ШГС, и так далее.

Так как, в ходе расчета, значения гофрированных балок с длиной 36 и 42м были большими, вместо них дополнили балками с длиной 6 и 9м.

Сравнительный анализ экономической эффективности прокатных и гофрированных конструкций сведен в Таблицу №4.

Таблица №4. Результаты сравнительного анализа экономической эффективности прокатных и гофрированных конструкций

Характеристики	Прокатная балка - 6м				Прокатная балка - 9м				Прокатная балка - 12м				Прокатная балка - 18м			
	40Б1	40/50БГС1	30Ш1	30/37ШГС1	50Б1	45/103БГС2	40Ш1	40/67ШГС1	60Б2	70/70БГС0	60Ш1	60/80ШГС2	80Б1	80/108ШГС1	70Ш1	70/101ШГС2
Момент сопротивления W_x	803,6	1029	715	792	1511	1581	1771	1971	2936	3295,1	3701	4311,1	5044	5262,6	5036	5708,2
Момент сопротивления W_y	86,7	147	147	161,3	160,6	80,1	420	250	309,6	437,4	581	634,8	446	512,5	650	691,2
Момент инерции I_x	15750	25210,5	10400	14256	37160	80631	34360	64747,4	87640	111703,2	107300	168349,2	199500	279178,8	172000	282839,3
Момент инерции I_y	714,9	1543,5	1470	1774,7	1606	620,6	6306	3125	3561	5904,9	9302	10950,3	6244	7944,3	10400	12441,6
Масса 1 п.м. металла, кг	47,16	42,8	53,6	46,01	72,96	40,99	96,04	62,96	115,6	95,35	142,1	118,31	159,4	112,46	169,8	122,7
Экономия материала на 1		10,08		14,16		43,81		34,44		17,5		16,74		29,4		27,7

Продолжение Таблицы №4

Характеристики	Сварная балка - 24м		Сварная балка - 30м		Сварная балка - 36м		Сварная балка - 42м	
	320*14 630*18	50/134ШГ С4	450*16 1250*14	100/201ШГ С4	500*18 1500*16	560*20 1700*18		
Момент сопротивления W_x	3737,25	3821,8	12144,01	13240,1	18756,23	26666,92		
Момент инерции I_x	117723,23	253573,8	759000,9	1316064	1406717	2266688,4		
Масса 1 п.м. металла, кг	161,61	88,74	256,77	185,46	338,19	426,81		
Экономия материала на 1 п.м. металла, %	-	45,09	-	27,771	-	-		



Для соотношения массы ферм, прокатных и сварных балок, а также балок с гофрированными стенками одинаковой длины, был сделан сравнительный график, на котором можно наглядно увидеть разницу. Были представлены только часть графиков, однако, как видите металлическая ферма в любой длине является выигрышным вариантом в минимальной массе.



Вывод

1. В программном комплексе ЛИРА-САПР-2017 были смоделированы фермы, прокатные и сварные балки, а также опираясь на РДС РК 5.04-24-2006 «Сортамент сварных двутавровых профилей обычного типа и с гофрированными стенками, соответствующие по прочностным характеристикам прокатным» были подобраны балки с гофрированными стенками для сравнения между собой по несущей способности, массе и стоимости.

2. После соответствующих расчетов была найдена общая суммарная величина нагрузок для горизонтальных конструкций. Прочность по первому и второму предельному состоянию, а также устойчивость данных конструкций были полностью обеспечены.

3. Анализируя полученные данные из таблиц и графиков, можно отметить, что металлические фермы наиболее эффективный и оптимальный вариант по сравнению с прокатными и сварными балками и балками с гофрированными стенками. Для выявления эффективного сечения фермы можно разделить их на две части: первая, если целью является экономия стоимости конструкции рекомендуется выбрать ферму с профилем из , а вторая, если же целью является уменьшение веса конструкции тогда выгоднее использовать ферму с профилем из .

4. Следующим эффективным и оптимальным вариантом который не уступает металлической ферме является балка с гофрированной стенкой. Применение балок с гофрированной стенкой взамен плоских значительно повышает экономию

материала на 1 п.м. металла начиная от 45,09% (максимальное значение) и заканчивая 10,08%(минимальное значение).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Москаев Н.С., Пронсин Я.А., Корсун Н.Д., Парлашкевич В.С.** «Металлические конструкции включая свакру» / Под ред. проф., к.т.н. В.С. Парлашкевич, - Глава 11 «Фермы», Учеб. пособие. - М.: «АСВ», 2016. - С. 280- 319 с.
2. **Сетков В.И., Сербии Е.П.** Строительные конструкции: Учебник. — 2-е изд., доп. и испр. — М.: ИНФРА-М, 2005. — 448 с.
3. **Кудрявцев СВ.** Несущая способность балок с гофрированной стенкой, ослабленной круговым отверстием: автореф. дис. канд. техн. наук. – Екатеринбург: УрФУ, 2011.22 с.
4. **Васильев А. А.** Глава IX «Фермы» // «Металлические конструкции» / Краснов В. М.. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: «Стройиздат», 1976. - С. 210-252. - 420 с. - 35 000 экз.
5. **Будур А. И., Белогуров В. Д.** «Стальные конструкции». Справочник конструктора / Под общей ред. Шимановского А. В.. - К.: «Сталь», 2010. - 299 с.
6. **Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С.** и др. Раздел 1. Глава 9 «Фермы» // «Металлические конструкции». Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. Кудишина Ю. И.. - 11 изд., стер.. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - С. 261-301. - 688 с. - 3 000 экз. - ISBN 978-5-7695-5413-1.
7. РДС РК 5.04-24-2006 «Сортамент сварных двутавровых профилей обычного типа с гофрированными стенками».