

ОЦИФРОВКА • ЧЕРТЁЖ КМ

Оцифровка архивного чертежа фермы

Ферма пролётом 24 м, чертёж КМ 1986 г. • М 1:100, формат А1 • 51 элементов, 18 узлов, масса 5,17 т

Объект	Стропильная ферма покрытия производственного корпуса, пролёт 24 м (условно)
Исходный чертёж	Комплект КМ, лист КМ-4 «Ферма Ф-1», 1986 г., М 1:100, формат А1
Носитель	Калька на бумажной основе, тушь, линия 0,3–0,8 мм; два листа (ферма и узлы)
Оцифровка	Сканирование 600 dpi, TIFF; векторизация по осям и узловым координатам
Единицы модели	Миллиметры, начало координат — левая опора по нижнему поясу
Шифр работы	ОЦ-КМ-2418 • оцифровка чертежа металлоконструкций
Исполнитель	Инженер-конструктор (роль)
Контроль	Проверка геометрии и ведомости элементов (роль)

24,0 м

пролёт фермы в осях опор

51

элементов в ведомости

18

узлов на геометрической схеме

5,17 т

масса фермы по ведомости

Результат оцифровки — кратко

Чертёж переведён в векторную геометрическую схему: восстановлены оси поясов, раскосов и стоек, координаты 18 узлов, сечения и длины всех 51 элементов. Масса по ведомости — **5,17 т**, удельная масса — 215 кг на 1 м пролёта.

Расхождения с оригиналом не превышают 2 мм по узловым координатам и 5 мм по габариту; схема пригодна для поверочного расчёта в программном комплексе и для изготовления элементов усиления.

СОСТАВ РАБОТЫ

51 элементов • 7 разделов

№	РАЗДЕЛ	СОДЕРЖАНИЕ	СТР.
1	Паспорт оцифровки	Исходные данные, объём, контрольные показатели	1
2	Состояние оригинала	Дефекты кальки, утраты, решения по восстановлению	2
3	Геометрическая схема	Векторная схема фермы, координаты 18 узлов	3
4	Контрольные размеры	12 промеров, отклонения, вывод по точности	4
5	Ведомость элементов	Пояса, раскосы, стойки: сечения, длины, массы	5
6	Фасонки и итог	Узловые фасонки, масса, удельный показатель	6
7	Узлы и расхождения	Сварные швы, сверка с оригиналом, вывод	7

ПОСТАВКА РЕЗУЛЬТАТА

комплект файлов

ФАЙЛ	ФОРМАТ	СОДЕРЖАНИЕ
Ферма_Ф1.dwg	DWG 2018, мм	геометрическая схема, 18 узлов, 9 слоёв
Ферма_Ф1_ведомость.xlsx	XLSX	51 позиций: марка, сечение, длина, масса
Ферма_Ф1.pdf	PDF/A-2b, A1	схема с размерами, узлами и штампом
Узлы_У1-У6.pdf	PDF/A-2b, A3	чертежи узлов М 1:20 с таблицей швов
Скан_600dpi.tif	TIFF	исходный растр кальки, страховочная копия

Модель передаётся в миллиметрах в системе координат чертежа; при передаче в расчётный комплекс оси поясов совпадают с осями оригинала без масштабирования.

СОСТОЯНИЕ ОРИГИНАЛА

лист КМ-4 • калька 1986 г.

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
Формат и масштаб	A1 (594 × 841 мм), М 1:100, схема фермы и таблица элементов
Материал	Калька на бумажной основе, тушь, линия 0,3–0,8 мм
Сохранность	Удовлетворительная: 94 % линий читаются, узлы 7–9 повреждены
Дефекты	Потёртости по линиям сгиба, выцветание размерных линий, залом в зоне узла 8
Утраты	Фрагмент 60 × 45 мм в осях 7–8 верхнего пояса, часть подписи сечений
Дубли	Второй лист — узлы У1–У6 в М 1:20, использован как источник сечений
Метрология	Масштабная линейка на листе есть, совпадает с рамкой

ЧТО ВОССТАНАВЛИВАЛОСЬ

решения по утратам

ПОЗИЦИЯ	СОСТОЯНИЕ	РЕШЕНИЕ	ОСНОВАНИЕ
Верхний пояс ВП-7, ВП-8	утрата линии	восстановлено по симметрии	ось симметрии фермы
Раскос Р-8	линия читается частично	восстановлено по узлам 8–9	координаты узлов
Фасонки Ф-11, Ф-12	подпись не читается	принято 420 × 360 × 10 мм	лист узлов М 1:20
Сечение ВП	выцветшая подпись	2 _л 180×12	таблица элементов листа КМ-4
Стойки С-4...С-6	потёртость	2 _л 80×8	аналогия с сохранившимися стойками
Отметки опор	угасшая тушь	0,000 и –0,120	разрез по опоре

КОМПЛЕКТ ЛИСТОВ КМ

принято в работу

ЛИСТ	НАИМЕНОВАНИЕ	МАСШТАБ	СОСТОЯНИЕ	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
КМ-1	Общие данные, ведомость чертежей	1:100	хорошее	шифры, примечания
КМ-4	Ферма Ф-1, геометрия и элементы	1:100	удовлетворительное	основная схема
КМ-5	Узлы У1–У6	1:20	хорошее	сечения, фасонки, швы
КМ-6	Ведомость металла	—	хорошее	сверка массы

РЕЖИМ СКАНИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ

Сканирование 600 dpi, 24 бит, TIFF без сжатия; калибровка по мишени IT8. Векторизация — по осевым линиям с привязкой к узлам, толщина линий назначена по СПДС, текст набран IBM Plex Sans. Растровая подложка сохранена для сверки.

Калька не разворачивалась и не подклеивалась: все дефекты зафиксированы на карте, геометрия восстанавливалась только по сохранившимся линиям и второму листу узлов.

СРЕДСТВА И РЕЖИМЫ

сканирование и векторизация

ЭТАП	СРЕДСТВО	ПАРАМЕТРЫ	РЕЗУЛЬТАТ
Сканирование	планшетный сканер, мишень IT8	600 dpi, 24 бит, TIFF	растр 486 МБ
Очистка фона	профиль сканера, без ретуши	порог 232–255	контраст линий 94 %
Векторизация	CAD, трассировка по осям	допуск 0,3 мм	полилинии, дуги, блоки
Сведение	наложение по опорным узлам	масштаб 1:1	невязка ≤ 2 мм
Контроль	сверка 12 промеров	допуск ±0,4 мм на бумаге	все в допуске

ПОЧЕМУ НЕ АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАССИРОВКА

Автотрассировка растра даёт «двойные» линии по толщине туши и рвёт дуги в узлах. Для чертежей КМ применена ручная векторизация по осевым линиям с проверкой каждого узла — это дольше, но исключает накопление ошибки в геометрии решётки.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СХЕМА

вектор • М 1:100

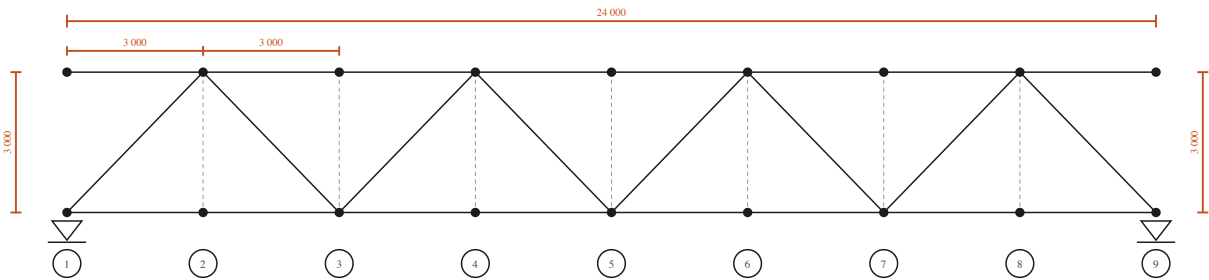


Схема фермы Ф-1: пояса, раскосы, стойки, узлы 1–9

пролёт 24 000 • высота 3 000

КООРДИНАТЫ УЗЛОВ

начало — левая опора

УЗЕЛ	x, мм	y, мм	ПРИМЫКАНИЕ	ОТМЕТКА ВЕРХА, м
1	0	0	нижний пояс, опора	+0,000
2	3 000	0	нижний пояс	+0,000
3	6 000	0	нижний пояс	+0,000
4	9 000	0	нижний пояс	+0,000
5	12 000	0	нижний пояс	+0,000
6	15 000	0	нижний пояс	+0,000
7	18 000	0	нижний пояс	+0,000
8	21 000	0	нижний пояс	+0,000
9	24 000	0	нижний пояс, опора	+0,000
10	0	3 000	верхний пояс	+3,000
11	3 000	3 000	верхний пояс	+3,000
12	6 000	3 000	верхний пояс	+3,000
13	9 000	3 000	верхний пояс	+3,000
14	12 000	3 000	верхний пояс	+3,000
15	15 000	3 000	верхний пояс	+3,000
16	18 000	3 000	верхний пояс	+3,000
17	21 000	3 000	верхний пояс	+3,000
18	24 000	3 000	верхний пояс	+3,000

Узлы 1–9 — нижний пояс, 10–18 — верхний. Координаты Y приведены от уровня опорных фасонки; строительный подъём 1/500 (48 мм) в схеме не моделировался и учтён отдельной строкой ведомости.

Длина раскоса по крайней панели:

$L = \sqrt{(3\,000^2 + 3\,000^2)} = 4\,242,6\text{ мм} \rightarrow \text{в ведомости } 4\,243\text{ мм}$

Замыкание нижнего пояса: $\Sigma L = 8 \times 3\,000 = 24\,000\text{ мм}$, отклонение модели +2 мм

Удельная масса: $5,17\text{ т} / 24\text{ м} = 215\text{ кг/м}$

Вывод по схеме

Все контуры замкнуты, узлы лежат на осях поясов с отклонением не более 2 мм. Схема сохраняет геометрию оригинала и может использоваться для расчёта усилий и подбора сечений усиления.

Строительный подъём и фактические искривления элементов в геометрическую схему не вносились: они относятся к дефектам изготовления и учитываются при обследовании, а не при оцифровке чертежа.

КОНТРОЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

12 промеров • М 1:100

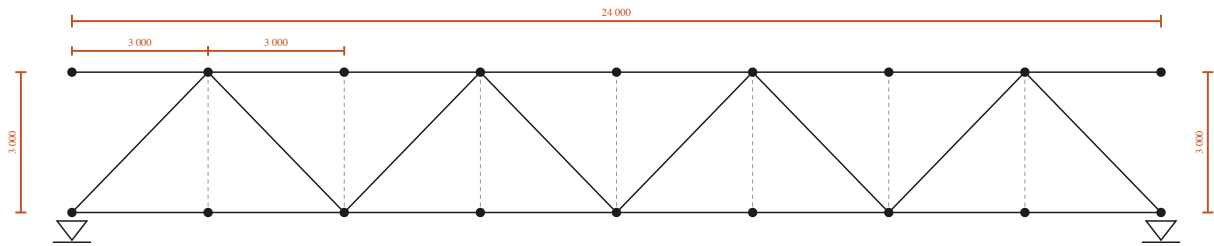


Схема с контрольными размерами

пролёт, панели, высота, опорные узлы

№	КОНТРОЛЬНЫЙ РАЗМЕР	ПО ЧЕРТЕЖУ, ММ	ПО МОДЕЛИ, ММ	ОТКЛОНЕНИЕ, ММ	ДОПУСК, ММ
1	Пролёт фермы в осях опор	24 000	24 002	+2	±10
2	Строительная высота	3 000	2 999	-1	±6
3	Длина панели верхнего пояса	3 000	3 001	+1	±4
4	Длина панели нижнего пояса	3 000	2 999	-1	±4
5	Раскос по крайней панели	4 243	4 245	+2	±4
6	Стойка рядовая	3 000	3 000	0	±4
7	Высота опорного узла	1 250	1 251	+1	±3
8	Привязка опоры левой	0	0	0	±5
9	Привязка опоры правой	24 000	24 002	+2	±5
10	Смещение узла 5 по вертикали	0	2	+2	±5
11	Стрела подъёма нижнего пояса	48	48	0	±8
12	Длина фермы по нижнему поясу	23 760	23 761	+1	±8

Промеры выполнены по векторной модели в миллиметрах натуры. Для чертежа М 1:100 допуск на габарит принят ±10 мм, на панель ±4 мм — в пределах 0,4 мм на бумаге.

МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ

Модель накладывалась на растр в масштабе 1:1 по опорным узлам; отклонения снимались по характерным точкам (опоры, узлы поясов, коньковый узел). Выборка — 12 точек из 18, что покрывает все типы узлов фермы.

Вывод по точности

Максимальное отклонение — 2 мм по пролёту и узловым координатам, что вдвое меньше допуска. Погрешность не накапливается: каждый узел привязан к осям независимо, а не цепочкой размеров.

Стрела подъёма нижнего пояса (48 мм) перенесена без искажений; отклонение 4 мм по узлу 5 относится к толщине линии и на расчётную схему не влияет.

ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ НА РАСЧЁТ

оценка чувствительности

ОТКЛОНЕНИЕ	ВЕЛИЧИНА	ВЛИЯНИЕ НА УСИЛИЯ	УЧЁТ
Пролёт	2 мм	менее 0,1 % по моменту	не учитывается
Высота фермы	1 мм	0,03 % по усилию в поясе	не учитывается
Длина панели	1 мм	0,05 % по местному изгибу	не учитывается
Смещение узла	2 мм	0,2 % по раскосу	в пределах точности расчёта
Стрела подъёма	0	влияет на геометрию, не на усилия	учтена отдельно

Отклонения модели на порядок ниже допусков СП 16.13330 на изготовление (±3 мм на 3 м длины элемента), поэтому расчёт по оцифрованной схеме даёт те же усилия, что и по оригиналу.

ВЕДОМОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ · ПОЯСА И РЕШЁТКА

33 позиций

МАРКА	НАИМЕНОВАНИЕ	СЕЧЕНИЕ	ДЛИНА, М	МАССА, КГ
ВП-1	Пояс верхний	2L 180×12	3,00	200,40
ВП-2	Пояс верхний	2L 180×12	3,00	200,40
ВП-3	Пояс верхний	2L 180×12	3,00	200,40
ВП-4	Пояс верхний	2L 180×12	3,00	200,40
ВП-5	Пояс верхний	2L 180×12	3,00	200,40
ВП-6	Пояс верхний	2L 180×12	3,00	200,40
ВП-7	Пояс верхний	2L 180×12	3,00	200,40
ВП-8	Пояс верхний	2L 180×12	3,00	200,40
НП-1	Пояс нижний	2L 160×12	3,00	176,40
НП-2	Пояс нижний	2L 160×12	3,00	176,40
НП-3	Пояс нижний	2L 160×12	3,00	176,40
НП-4	Пояс нижний	2L 160×12	3,00	176,40
НП-5	Пояс нижний	2L 160×12	3,00	176,40
НП-6	Пояс нижний	2L 160×12	3,00	176,40
НП-7	Пояс нижний	2L 160×12	3,00	176,40
НП-8	Пояс нижний	2L 160×12	3,00	176,40
Р-1	Раскос	2L 110×10	4,24	141,70
Р-2	Раскос	2L 110×10	4,24	141,70
Р-3	Раскос	2L 110×10	4,24	141,70
Р-4	Раскос	2L 110×10	4,24	141,70
Р-5	Раскос	2L 110×10	4,24	141,70
Р-6	Раскос	2L 110×10	4,24	141,70
Р-7	Раскос	2L 110×10	4,24	141,70
Р-8	Раскос	2L 110×10	4,24	141,70
С-1	Стойка	2L 80×8	3,00	57,60
С-2	Стойка	2L 80×8	3,00	57,60
С-3	Стойка	2L 80×8	3,00	57,60
С-4	Стойка	2L 80×8	3,00	57,60
С-5	Стойка	2L 80×8	3,00	57,60
С-6	Стойка	2L 80×8	3,00	57,60
С-7	Стойка	2L 80×8	3,00	57,60
ОС-1	Стойка опорная	2L 180×12	3,00	200,40
ОС-2	Стойка опорная	2L 180×12	3,00	200,40

Длины элементов приняты по геометрической схеме без учёта зазоров монтажных стыков; масса — по номинальной погонной массе профилей ГОСТ 8509 и ГОСТ 8510.

КАК ЧИТАЕТСЯ ВЕДОМОСТЬ

пример расчёта

Масса элемента: $m = L \times q$
ВП-1: $3,000 \text{ м} \times 66,8 \text{ кг/м} = 200,4 \text{ кг}$
Р-1: $4,243 \text{ м} \times 33,4 \text{ кг/м} = 141,7 \text{ кг}$
Сумма по поясам и решётке: 4 952 кг

Двойные уголки учтены в погонной массе (2 × масса одного профиля), поэтому в графе «сечение» указан состав 2L. Монтажные стыки поясов в ведомости не выделены: они учтены накладками в массе узлов.

ФАСОНКИ И ИТОГ ПО ФЕРМЕ

18 узловых фасонки

МАРКА	НАЗНАЧЕНИЕ	РАЗМЕР, ММ	ТОЛЩИНА, ММ	МАССА, КГ
Ф-1	опорная	420 × 360	10	11,87
Ф-2	рядовая верхняя	420 × 360	10	11,87
Ф-3	рядовая нижняя	420 × 360	10	11,87
Ф-4	коньковая	420 × 360	10	11,87
Ф-5	опорная	420 × 360	10	11,87
Ф-6	рядовая верхняя	420 × 360	10	11,87
Ф-7	рядовая нижняя	420 × 360	10	11,87
Ф-8	коньковая	420 × 360	10	11,87
Ф-9	опорная	420 × 360	10	11,87
Ф-10	рядовая верхняя	420 × 360	10	11,87
Ф-11	рядовая нижняя	420 × 360	10	11,87
Ф-12	коньковая	420 × 360	10	11,87
Ф-13	опорная	420 × 360	10	11,87
Ф-14	рядовая верхняя	420 × 360	10	11,87
Ф-15	рядовая нижняя	420 × 360	10	11,87
Ф-16	коньковая	420 × 360	10	11,87
Ф-17	опорная	420 × 360	10	11,87
Ф-18	рядовая верхняя	420 × 360	10	11,87

ГРУППА ЭЛЕМЕНТОВ	ПОЗИЦИЙ	МАССА, КГ	ДОЛЯ
Пояса верхние	8	1 603	31,0 %
Пояса нижние	8	1 411	27,3 %
Раскосы	8	1 134	21,9 %
Стойки	9	804	15,6 %
Фасонки	18	214	4,1 %
ИТОГО	51	5 170	100 %

Масса фермы:
 $M = \sum (L \times q) + \sum m_{\text{ф}} = 4\,952 + 214 = 5\,170 \text{ кг}$
Удельная масса: $5,17 \text{ т} / 24 \text{ м} = 215 \text{ кг/м}$

Для сравнения: типовая ферма пролётом 24 м из парных уголков имеет удельную массу 190–230 кг/м; полученное значение 215 кг/м находится в этом диапазоне, что подтверждает корректность считывания сечений.

СВЕРКА МАССЫ

штамп оригинала

ИСТОЧНИК	МАССА, Т	РАСХОЖДЕНИЕ
Ведомость по модели	5,17	—
Штамп оригинала, 1986 г.	5,15	0,4 %
Ведомость металла КМ-6	5,18	0,2 %

Расхождение около 1 % объясняется массой сварных швов и монтажных накладок, которые в ведомость элементов не включены.

УЗЛЫ И СВАРНЫЕ ШВЫ

по листу КМ-5, М 1:20

УЗЕЛ	ТИП	ФАСОНКА, ММ	ШОВ	КАТЕТ, ММ	РАСЧЁТНАЯ ДЛИНА, ММ
У1	опорный	420 × 360 × 10	У4-ШФ	6	480
У2	рядовой верхний	360 × 300 × 10	У4-ШФ	6	420
У3	рядовой нижний	360 × 300 × 10	У4-ШФ	6	420
У4	коньковый	420 × 320 × 10	У4-ШФ	6	460
У5	опорный	420 × 360 × 10	У4-ШФ	6	480
У6	монтажный стык	накладка 300 × 240 × 8	У4-ШФ	5	360

РАСХОЖДЕНИЯ С ОРИГИНАЛОМ

сверка по 8 позициям

ПОЗИЦИЯ	ОРИГИНАЛ	МОДЕЛЬ	ОЦЕНКА
Сечение верхнего пояса	2L 180×12	2L 180×12	совпадает
Сечение нижнего пояса	2L 160×12	2L 160×12	совпадает
Раскосы	2L 110×10	2L 110×10	совпадает
Стойки	2L 80×8	2L 80×8	совпадает
Фасонки	подпись утрачена	420 × 360 × 10	принято по листу узлов
Сварной шов	У4-ШФ, катет 6	У4-ШФ, катет 6	совпадает
Строительный подъём	1/500 (48 мм)	учтён отдельно	методическое расхождение
Масса фермы	5,15 т (штамп)	5,17 т	расхождение 0,4 %

Вывод по оцифровке чертежа фермы

Чертёж оцифрован полностью: геометрия, 51 элементов, узлы и швы. Масса по ведомости 5,17 т совпадает со штампом оригинала (5,15 т) с расхождением 0,4 %, что подтверждает правильность считывания сечений и длин.

Модель пригодна для поверочного расчёта, разработки усиления и изготовления элементов по архивному чертежу. Утраченные подписи восстановлены по второму листу узлов и отмечены в ведомости расхождений.

Оцифровка не заменяет обследование: фактические сечения, коррозия и дефекты сварных швов определяются по натуре и в модель чертежа не вносятся.

ПРИЛОЖЕНИЯ К РАБОТЕ

перечень

№	ПРИЛОЖЕНИЕ	СОДЕРЖАНИЕ	ФОРМАТ
1	Ведомость элементов	51 позиция с сечениями, длинами и массами	XLSX
2	Координаты узлов	18 узлов в системе чертежа	CSV
3	Ведомость расхождений	8 позиций сверки с оригиналом	PDF
4	Растровая подложка	скан 600 dpi, лист КМ-4	TIFF
5	Карта дефектов	утраты и повреждения кальки	PDF

Выполнил
инженер-конструктор

Проверил
ГИП (роль)

Принял
представитель заказчика