

О. А. РОЧНЯК

**ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ
КОНСТРУКЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
СЕЛЬСКО-
ХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ЗДАНИЙ**

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования БССР в качестве учебного пособия для студентов вузов специальности 1205 «Сельскохозяйственное строительство»

МИНСК «ВЫШЭЙШАЯ ШКОЛА» 1985

ББК 38.53я73

Р80

УДК 624.012.35 (-22) (075.8)

Рецензенты: кафедра «Инженерные конструкции» Московского ордена Трудового Красного Знамени гидромелиоративного института; А. Т. Кичкайло, кандидат технических наук, председатель Правления Белмежколхозстроя

Рочняк О. А.

Р 80 Железобетонные конструкции производственных сельскохозяйственных зданий: [Учеб. пособие для вузов спец. 1205 «С.-х. стр-во»]. — Мн.: Выш. шк., 1985. — 255 с., ил.

В пер.: 65 к.

Излагаются основные положения теории и методы расчета железобетона, принципы проектирования и технико-экономической оценки железобетонных конструкций, особенности конструирования элементов с учетом эксплуатации в условиях агрессивной среды производственных сельскохозяйственных зданий.

320200000—041
Р—48—85
М304(05)—85

ББК 38.53я73

© Издательство
«Вышэйшая школа», 1985.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Решения XXVI съезда КПСС, майского (1982 г.) Пленума ЦК КПСС, одобрявшего Продовольственную программу, предусматривают стабильное увеличение производства сельскохозяйственных продуктов в неразрывной связи с ускоренным сельскохозяйственным строительством. Поэтому повышаются требования к подготовке специалистов в этой области.

В учебном пособии рассмотрены основы расчета железобетонных элементов в соответствии с новой редакцией СНиП 2.03.01—83 «Нормы проектирования. Бетонные и железобетонные конструкции». Отражен современный уровень проектирования высокоэффективных железобетонных конструкций для производственных сельскохозяйственных зданий, характеризующий научно-технический прогресс в рассматриваемой области. Содержание главы 7, составленной на основании директивных материалов, должно ориентировать студентов в основных направлениях совершенствования железобетонных конструкций.

Несмотря на то что изложение материала в учебном пособии построено в предположении, что студенты уже знакомы с сопротивлением материалов, основами строительной механики, принципами объемно-планировочных решений, для лучшего понимания студентами путей решения и конечной цели вопроса проектирования железобетонных конструкций производственных сельскохозяйственных зданий в необходимых случаях в краткой форме привлекаются сведения из смежных дисциплин.

Изучение курса «Железобетонные конструкции» сопровождается курсовым проектированием, для выполнения которого, кроме настоящей книги, используются дополнительные учебные пособия и справочная литература.

Автор выражает глубокую признательность рецензентам — сотрудникам кафедры «Инженерные конструкции» Московского гидромелиоративного института во главе с заведующим кафедрой Р. И. Бергеным; председателю Правления Белмежколхозстроя кандидату технических наук А. Т. Кичкайло за ценные замечания, способствовавшие улучшению содержания книги.

Замечания и пожелания, направленные на улучшение содержания книги, просьба направлять по адресу: 220048, Минск, проспект Машерова, 11, издательство «Высшая школа».

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Железобетон — сочетание бетона и стальной арматуры, работающих как единое монолитное тело.

Бетон является хрупким материалом, обладающим высоким сопротивлением сжатию и низким — растяжению, поэтому он мало пригоден для конструкций, в которых при действии нагрузок возникают даже незначительные растягивающие напряжения. Сталь — упруго-пластичный материал, хорошо сопротивляется сжатию и растяжению. Технические свойства бетона и стали удачно сочетаются в железобетонных элементах, при этом сжимающие усилия воспринимаются бетоном, растягивающие — арматурой.

Суммарная площадь сечений продольных стержней арматуры, как правило, составляет 0,05...3% площади сечения бетона. Этим, в частности, обуславливается экономичность железобетонных конструкций, так как сталь значительно дороже бетона.

Для эффективной работы железобетона под нагрузкой необходимо наличие сцепления между бетоном и арматурой. Бетон и сталь имеют близкие по значению коэффициенты линейного расширения (для бетона $\alpha_{bt} = 0,000008...0,000015 \text{ K}^{-1}$; для стали $\alpha_{st} = 0,000012 \text{ K}^{-1}$ при $t \leq 100^\circ \text{C}$). Поэтому при изменении температуры контактные слои бетона и арматурного стержня получают примерно одинаковые деформации, и внутренние усилия, которые могли бы нарушить сцепление между ними, не возникают.

Железобетонные конструкции широко распространены в современном сельском строительстве благодаря таким ценным качествам, как способность воспринимать различные виды статических и динамических нагрузок, долговечность, огнестойкость. Эксплуатация сооружений из железобетона не требует больших затрат. Железобе-

тонные конструкции имеют значительную массу, что в большинстве случаев является отрицательным качеством. Совершенствование железобетонных конструкций направлено на преодоление этого недостатка.

В нормальных температурно-влажностных условиях в неагрессивных и слабоагрессивных средах бетон достаточно надежно защищает арматуру от коррозии. Существенным недостатком обычного железобетона является образование трещин в растянутой зоне при небольших растягивающих напряжениях. В железобетонных конструкциях ряда производственных сельскохозяйственных зданий образование трещин допустимо, если ширина их раскрытия незначительна (менее 0,2 мм). Однако в конструкциях, находящихся под воздействием агрессивных технологических сред, при наличии трещин ускоряются процессы коррозии арматуры и бетона, что приводит к резкому снижению долговечности конструкции.

Наиболее эффективным средством борьбы с ранним трещинообразованием в железобетоне является предварительное напряжение арматуры. Этот способ предусматривает искусственное создание в арматуре растягивающих усилий с одновременным обжатием бетона в тех зонах элемента, которые испытывают от внешней нагрузки растяжение.

По способу возведения железобетонные конструкции делятся на сборные, монолитные, сборно-монолитные.

В современном сельскохозяйственном строительстве наиболее широкое применение находит сборный железобетон. Животноводческие и птицеводческие одноэтажные и многоэтажные здания, склады и другие сооружения монтируют из сборных железобетонных элементов, изготовленных на заводе. При таком виде строительства снижаются расходы на изготовление конструкций, особенно при их выпуске крупными партиями, повышается качество изделий. В то же время для транспортировки и монтажа сборных конструкций необходимы специальные транспортные и подъемные механизмы, добавляются трудоемкие и довольно сложные операции по устройству стыков и узлов сопряжения (сварка арматуры, замощивание швов цементным раствором или бетоном).

Монолитные конструкции бетонируют непосредственно на строительной площадке. Для их возведения устраивают опалубку на поддерживающих лесах, в которую устанавливают арматуру и укладывают бетон. В сель-

скохозяйственном строительстве монолитными делают массивные фундаменты, бункеры, силосы и др.

Сборно-монолитные конструкции состоят из готовых элементов, которые объединяются на месте строительства с помощью бетона и дополнительной арматуры. В сельском строительстве они применяются редко.

Различают конструкции с гибкой арматурой в виде стальных стержней круглого или периодического профиля и с несущей. В качестве несущей арматуры служат профильный прокат (жесткая арматура) и пространственные сварные каркасы из круглых стержней и уголков, воспринимающие нагрузку от подвесной опалубки и веса свежесуложенного бетона. Применение несущей арматуры должно быть экономически обосновано.

В сельскохозяйственном строительстве наиболее распространен железобетон с гибкой стальной арматурой.

Особой разновидностью железобетонных конструкций являются армоцементные, выполняемые из мелкозернистого бетона и дисперсно армированные тонкими стальными проволочными сетками с мелкими ячейками размером до 10×10 мм в сочетании с обычной арматурой и без нее. Армоцементные конструкции благодаря введению в бетон определенного количества мелкоячеистых сеток обладают в сравнении с обычными железобетонными повышенными трещиностойкостью, прочностью при растяжении и плотностью. Это дает возможность создавать из армоцемента большепролетные тонкостенные пространственные конструкции покрытия для сельскохозяйственных зданий различного назначения — зерноскладов, складов минеральных удобрений, ангаров для сельскохозяйственной авиации и т. д.

Железобетон появился к началу второй половины XIX

Табл. В.1. Применение железобетона в строительстве в послевоенный период

Показатели	Единица измерения	Годы				
		1950	1960	1970	1980	1985
Общий объем железобетона	млн. м ³	4	61	128	210	260
Объем сборного железобетона	млн. м ³	1,3	32,5	83	130	135
Расход арматурной стали	млн. т	0,4	6,1	12,8	21	

столетия. Преимущественно железобетонные конструкции предназначались для промышленного и транспортного строительства. Развивались теоретические основы расчета и конструирования железобетона. После Октябрьской революции выполнение задач в области строительства связано с самым широким применением железобетона. Применение железобетона в послевоенный период можно охарактеризовать следующими показателями (табл. В.1).

Сельскохозяйственные здания и сооружения до недавнего времени возводились, как правило, с применением местных строительных материалов — дерева, кирпича, камня. Среди основных проблем, которым партия уделяет особое внимание, — неуклонный подъем сельского хозяйства. В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», Продовольственной программе большая роль в сельском строительстве отводится железобетону.

Железобетонные конструкции являются базой современного индустриального сельского строительства. Из железобетона возводят одноэтажные и многоэтажные производственные сельскохозяйственные здания, различные склады и хранилища для зерна и другой сельскохозяйственной продукции, склады минеральных удобрений, ремонтные мастерские для сельскохозяйственных машин, объекты водохозяйственного назначения и т. д.

Большую роль в развитии отечественного железобетона применительно к сельскохозяйственному строительству играют научно-исследовательские институты — НИИЖБ, ЦНИИЭПсельстрой, Гипронисельхоз, Белниигипросельстрой, учебные заведения — Московский гидро-мелиоративный институт, Полтавский инженерно-строительный институт и др.

ЛИТЕРАТУРА

Материалы XXVI съезда КПСС.— М.: Политиздат, 1981.— 223 с.
Материалы Майского (1982 г.) Пленума ЦК КПСС.— М.: Политиздат, 1982.

Алексеев С. Н. О некоторых резервах первичной защиты железобетонных конструкций от коррозии.— В кн.: Технология и долговечность железобетонных конструкций. М.: НИИЖБ, 1983, с. 30—39.

Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции. Общий курс.— 2-е изд.— М.: Стройиздат, 1976.— 783 с.

Безиков А. А., Пантелеев В. М., Паулаускас А. Л. Новые материалы в индустриальном сельском строительстве.— Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1974.— 144 с.

Белявский В. А. Эффективные конструкции складов.— Сельск. стр-во, 1983, № 4, с. 19—20.

Берген Р. И., Дукарский Ю. М. Инженерные конструкции.— М.: Высш. шк., 1982.— 431 с.

Булгаков С. Н. Технологичность железобетонных конструкций и проектных решений.— М.: Стройиздат, 1983.— 301 с.

Васильев П. И. Вопросы развития теории железобетона.— Бетон и железобетон, 1980, № 4, с. 26—27.

Справочник проектировщика инженерных сооружений / Альшиц В. Д., Величкин А. П., Воловик Э. М. и др.— Киев: Будівельник, 1974.— 552 с.

Гвоздев А. А., Байков В. Н. Современные пути развития теории железобетона.— Бетон и железобетон, 1983, № 5, с. 9—11.

Гераскин Н. Н., Стерн В. М., Соколов Л. Н. Сельскохозяйственные производственные комплексы.— М.: Стройиздат, 1982.— 176 с.

Железобетонные конструкции: Специальный курс / В. Н. Байков, П. Ф. Дроздов, Н. А. Трифонов и др.— 2-е изд.— М.: Стройиздат, 1974.— 888 с.

Железобетонные конструкции / Онуфриев Н. М., Павлов А. П., Панарин Н. Я. и др.— М.: Высш. шк., 1971.— 544 с.

Журавок В. И., Лопатко А. Э. Рамные железобетонные конструкции в сельском строительстве.— Одесса: Маяк, 1974.— 104 с.

Зазерский К. И., Федорцев Б. Д. Строительство сельскохозяйственных зданий и сооружений.— М.: Стройиздат, 1978.— 110 с.

Зайцев Ю. В., Овсянников К. Л., Промыслов В. Ф. Проектирование и монтаж железобетонных конструкций.— М.: Высш. шк., 1980.— 335 с.

Инструкция по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций с учетом перераспределения усилий.— М.: НИИЖБ, 1975.— 122 с.

Киселев Д. П., Шлычков В. А. Керамзитобетон в индустриальном сельском строительстве.— М.: Стройиздат, 1974.— 96 с.

Коваленко А. Ф. Расчет рам методом распределения моментов.— М.: Госстройиздат, 1960.— 92 с.

Козлов В. И. Индустриальные решения водонапорных башен.— Пром. стр-во и инж. сооружения, 1983, № 4, с. 18—19.

Конструкции и расчет зерновых железобетонных элеваторов / Курочкин А. М., Ножинский В. А., Простосердов А. Н. и др.— М.: Стройиздат, 1970.— 182 с.

Коньков В. А. Экономическое обоснование оптимальных параметров сельскохозяйственных зданий и сооружений.— М.: Стройиздат, 1981.— 100 с.

Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / Алексеев С. Н., Гузев Е. А., Иванов Ф. М., Москвин В. М.— М.: Стройиздат, 1980.— 536 с.

Костанди Ф. Ф. Склады минеральных удобрений.— М.: Стройиздат, 1983.— 184 с.

Крейс У. И., Нигол Т. К., Немвалтс А. Ф. Индустриальное строительство сельскохозяйственных зданий из ячеистого бетона.— Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1975.— 184 с.

Луганский В. И., Третьяков А. И. Проектирование и строительство хранилищ картофеля и овощей.— М.: Стройиздат, 1981.— 120 с.

Миرونков Б. А., Панарин С. Н., Колчеданцев Л. М. Универсальные сельскохозяйственные здания из армоцементных элементов.— Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1980.— 112 с.

Михайлов К. В., Мулин Н. М., Рогатин Ю. А. Перспективы применения арматурных сталей.— Бетон и железобетон, 1978, № 9, с. 2—3.

Михайлов К. В. Научно-технический прогресс в области бетона и железобетона и задачи научных организаций.— Бетон и железобетон, 1983, № 5, с. 4—6.

Михайлов В. В. Предварительно напряженные железобетонные конструкции.— М.: Стройиздат, 1978.— 383 с.

Муравьев Ю. А. Новые облегченные конструкции для возведения производственных сельскохозяйственных зданий.— М.: Стройиздат, 1974.— 136 с.

Некрасов А. С., Якушева В. А. Снижение материалоемкости и трудозатрат в сельскохозяйственном строительстве.— М.: Стройиздат, 1980.— 192 с.

Нехорошев А. В., Земцов Л. Г. Новые виды строительных материалов и конструкций в сельском строительстве.— М.: Стройиздат, 1973.— 199 с.

Новгородский В. И. Повышение долговечности конструкций жилищно-водоческих зданий.— Бетон и железобетон, 1976, № 7, с. 11—13.

Общесоюзный строительный каталог типовых конструкций и изделий для всех видов строительства. Сборник 3.01. С-1. Железобетонные, деревянные, стальные и асбестоцементные конструкции и изделия зданий и сооружений сельского хозяйства.— М.: Госстрой СССР, 1982.— 310 с.

Проектирование фундаментов: Справочник / Тетиор А. Н., Феклин В. И., Сургучев В. Г.— Киев: Будівельник, 1981.— 208 с.

Рочняк О. А., Образцов Л. В., Яромич Н. Н. Вопросы сопротивления железобетонных элементов при изгибе с поперечной силой.— В сб.: Строительные конструкции. Мн.: Госстрой БССР, 1983, с. 80—86.

Руководство по проектированию железобетонных пространствен-

ных конструкций покрытий и перекрытий.— М.: Стройиздат, 1979.— 421 с.

Саввина Ю. А., Рыбаков Ю. Д., Черкасский А. И. Коррозионная стойкость конструкций складов минеральных удобрений.— Бетон и железобетон, 1976, № 7, с. 8—10.

Справочник сельского строителя / Под ред. А. И. Мартемьянова и А. Д. Терновского.— М.: Стройиздат.— Т. 1.— 1975.— 368 с.

СНиП 2.03.01—83. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования.— М.: Стройиздат, 1983.— 89 с.

СНиП II-6—74. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования.— М.: Стройиздат, 1976.— 29 с.

СНиП II-28—73. Защита строительных конструкций от коррозии.— М.: Стройиздат, 1980.— 45 с.

СНиП II-17—77. Свайные фундаменты. Нормы проектирования.— М.: Стройиздат, 1978.— 42 с.

Топчий Д. Н. Сельскохозяйственные здания и сооружения.— М.: Стройиздат, 1973.— 350 с.

Цейтлин А. А. Сборные железобетонные волнистые покрытия.— Киев: Будівельник, 1978.— 148 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Глава 1. Расчет и конструирование элементов железобетонных конструкций	9
1.1. Основные свойства и характеристики бетона, арматуры, железобетона	9
1.1.1. Бетон. Физико-механические свойства	9
1.1.2. Арматура и арматурные изделия	17
1.1.3. Железобетон	24
1.2. Основные положения теории сопротивления и методы расчета железобетона	29
1.2.1. Общие сведения	29
1.2.2. Напряженно-деформированное состояние железобетонных элементов под нагрузкой	30
1.2.3. Расчет железобетонных конструкций по методу предельных состояний	32
1.3. Конструирование и расчет прочности изгибаемых элементов	48
1.3.1. Некоторые конструктивные требования к изгибаемым элементам	48
1.3.2. Расчет прочности изгибаемых элементов	52
1.4. Конструирование и расчет прочности сжатых элементов	74
1.4.1. Общие сведения. Требования к конструированию сжатых элементов	74
1.4.2. Расчет прочности сжатых элементов	77
1.5. Конструирование и расчет прочности растянутых элементов	84
1.5.1. Конструктивные особенности растянутых элементов	84
1.5.2. Расчет прочности растянутых элементов	85
1.6. Расчет элементов по предельным состояниям второй группы	88
1.6.1. Расчет по образованию трещин	88
1.6.2. Расчет по раскрытию трещин	91
1.6.3. Расчет по закрытию трещин	94
1.6.4. Расчет по деформациям	94

Глава 2. Технологические и конструктивные особенности производственных сельскохозяйственных зданий	102
2.1. Общие положения	102
2.2. Влияние технологических сред производственных сельскохозяйственных зданий на конструктивные решения железобетонных элементов	104
2.3. Температурные и усадочные швы	115
2.4. Расчет железобетонных элементов на воздействия, возникающие при транспортировке и монтаже	116
Глава 3. Конструкции одноэтажных производственных сельскохозяйственных зданий	118
3.1. Общие сведения	118
3.2. Конструкции покрытий	121
3.2.1. Плиты	121
3.2.2. Балки	124
3.2.3. Фермы	127
3.3. Колонны	131
3.4. Железобетонные трехшарнирные рамы	135
3.4.1. Особенности расчета	135
3.4.2. Конструктивные особенности железобетонных трехшарнирных рам	135
3.5. Тонкостенные пространственные покрытия	138
3.5.1. Общие сведения	138
3.5.2. Цилиндрические оболочки	141
3.5.3. Оболочки положительной гауссовой кривизны, прямоугольные в плане	148
3.5.4. Гиперболические панели-оболочки	150
3.5.5. Тонкостенные своды	153
3.6. Фундаменты	155
Глава 4. Конструкции многоэтажных зданий	169
4.1. Общие сведения	169
4.2. Классификация и конструктивные схемы многоэтажных зданий. Особенности расчета каркаса	170
4.2.1. Общие сведения	170
4.2.2. Расчет по методу предельного равновесия	175
4.2.3. Особенности конструктивных решений каркасов	178
4.2.4. Конструктивные особенности некоторых многоэтажных производственных сельскохозяйственных зданий	185
Глава 5. Конструкции зданий и сооружений для хранения, обработки и переработки сельскохозяйственной продукции	186
5.1. Конструкции зданий и сооружений для хранения и переработки зерна	186
5.2. Конструкции комбикормовых цехов и заводов	195
5.3. Конструкции сооружений для хранения картофеля и овощей	197
5.4. Конструкции складов минеральных удобрений	204

Глава 6. Специальные железобетонные сооружения	209
6.1. Силосы	209
6.2. Бункера	222
6.3. Резервуары	229
6.4. Водонапорные башни	235
Глава 7. Основные направления совершенствования железобетонных конструкций для производственных сельскохозяйственных зданий	238
Литература	250

Олег Анатольевич Рочняк

**ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

Зав. редакцией В. Г. Самарина
Редактор Э. Н. Капрова
Мл. редактор А. П. Берлина
Обложка С. В. Баленка
Худож. редактор И. А. Демковский
Техн. редактор Г. М. Романчук
Корректор И. И. Ганелес

ИБ № 1980

Сдано в набор 22.08.84. Подписано в печать
12.03.85. АТ 18524. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага
тип. № 3. Гарнитура литературная. Высокая печ-
ать. Усл. печ. л. 13,44. Усл. кр.-отт. 13,7. Уч.-изд.
л. 13,69. Тираж 2700 экз. Заказ 1744. Цена 65 к.

Издательство «Высшая школа» Государствен-
ного комитета БССР по делам издательства, поли-
графии и книжной торговли, 220048, Минск,
проспект Машерова, 11.

Типография им. Франциска (Георгия) Скорины
издательства «Наука и техника». Минск, Ленин-
ский пр., 68.