

рукции узлов и применения бесфасоночного соединения, а также заменой тяжелых железобетонных плит легкими кровельными с асбестоцементными листами, клефанерных плит и др. [4]. Именно поэтому целесообразно применение стальных ферм для легких кровель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по проектированию сварных ферм из одиночных уголков. М., Стройиздат, 1977. Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В. А. Кучеренко Госстроя СССР.
2. СНиП П-В. 3-72. Стальные конструкции. Нормы проектирования. М., Стройиздат, 1974.
3. СНиП III-16-73. Правила производства и приемки работ. Бетонные и железобетонные конструкции сборные. М., Стройиздат, 1975.
4. Технические правила по экономному расходованию основных строительных материалов. ТП 101-76. М., Стройиздат, 1977.

УДК 631.2:624.011.7

А. М. ТРУСЬ, В. Л. МАТИНОВСКИЙ

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В сельском строительстве в связи со спецификой и сезонностью сельскохозяйственного производства часто необходимо иметь мобильные транспортабельные здания и сооружения для обеспечения временной переработки продукции, ее хранения, проведения ремонтных и профилактических работ в полевых условиях. Для этой цели наиболее подходящими являются пневматические строительные конструкции. Они имеют ряд преимуществ перед традиционными конструкциями из металлов, дерева, железобетона.

Пневматические строительные конструкции уникально легки и предельно компактны в сложенном виде, их легко перевозить любым видом транспорта, возводить в кратчайшие сроки, измеряемые часами, без вспомогательных тяжелых приспособлений. С помощью этих конструкций можно перекрывать помещения больших объемов и площадей, что позволяет устанавливать и хранить оборудование и крупногабаритную технику. При их применении сравнительно невелик объем строительного-монтажных работ (8—20% от общей стоимости), они обладают высокой сейсмостойкостью и более высокой безопасностью в случае аварии, их можно перемещать с одного места в другое.

В последнее время пневматические конструкции широко применяются во многих странах. Впервые они были применены в США (инж. У. Бэрд).

В Советском Союзе работы по внедрению пневматических строительных конструкций начаты в 1959 г. Работы по исследованию прорезиненных тканей для пневматических конструкций, методов их расчета ведутся в ЦНИИСКе им. В. А. Кучеренко, ЦНИИПсельстрое, НИИ резиновой промышленности, ВНИИ пле-

нок и искусственной кожи, МИСИ им. В. В. Куйбышева, Московском архитектурном институте и других научных учреждениях.

Пневматические строительные конструкции — мягкие оболочки, во внутренний замкнутый объем которых воздухом нагнетательными установками (вентиляторами, компрессорами, воздуходувками) подается воздух, в результате чего достигается их устойчивость и противодействие внешним нагрузкам (несущая способность). Оболочки изготавливаются из воздухонепроницаемых синтетических тканей с резиновым или поливинилхлоридным покрытием и армированных капроновыми сетками синтетических пленок.

Различают два основных типа пневматических строительных конструкций:

1. Воздухоопорные своды и куполы с избыточным давлением $0,1—1,0$ кН/м² в эксплуатируемом объеме.

2. Воздухонесомые (пнеumoкаркасные) конструкции в виде аэробалок, пневматических арок, панелей, двухслойных арочных сводов с избыточным давлением $30—700$ кН/м², при этом сильно сжатый воздух наполняет только несущие элементы.

Воздухоопорные оболочки обладают наименьшей массой и стоимостью на единицу перекрываемой поверхности, просты в изготовлении, компактны по сравнению с воздухонесомыми и другими типами пневматических конструкций. Воздухоопорные оболочки могут перекрывать пролеты длиной $50—100$ м, а при усилении трусами — и несколько сотен метров.

Это позволяет использовать их в качестве складских помещений: зерноскладов, картофелехранилищ, складов для химических удобрений, складов готовой сельскохозяйственной продукции на перерабатывающих заводах, складов строительных материалов, ремонтных баз и т. д. Их также экономически выгодно использовать для сезонных сельскохозяйственных выставок, передвижных зданий общественного назначения. Наиболее важным в воздухоопорных оболочках является крепление оболочки к основанию и поддержание постоянного избыточного давления. Для сохранения его в помещении воздухоопорной конструкции предусмотрены специальные приспособления — шлюзы или вращающиеся двери.

Однако в практике ведения работ часто необходимо иметь временные сооружения со сравнительно небольшими пролетами, которые легко монтируются и демонтируются в полевых условиях, могут служить для укрытия людей от непогоды, для выполнения ремонтно-технических работ в условиях атмосферных осадков. Для этих целей целесообразно иметь конструкции, работающие не за счет перепада давления, а за счет эластичного каркаса, что исключает необходимость иметь постоянные воздухомнагнетательные устройства. Этим требованиям удовлетворяют воздухонесомые конструкции, пролет которых не превышает $9—12$ м. Они состоят из несущих пневматических элементов: балок, стоек, а чаще всего — арок. Пневматические элементы представляют собой прямолинейные или криволинейные замкнутые баллоны кругового сечения с $d = 20—60$ см и состоят из силовой оболочки, которая сделана

из высокопрочной ткани, и внутренней резиновой камеры. Внутри камеры поддерживается постоянное избыточное давление воздуха, устанавливаемое расчетом. Торцы силовой оболочки заканчиваются металлическими или пластмассовыми башмаками, через которые пневматические элементы опираются на нижележащие конструкции.

В настоящее время существует ряд решений несущих пневматических конструкций, к которым предъявляются жесткие требования в отношении воздухопроницаемости. В частности, в пневматической арке силовая оболочка представляет собой бесшовный плетеный под оптимальным углом рукав тороидальной формы, который герметизируется с помощью внутренней и наружной камер путем вулканизации.

Для обеспечения большей местной и общей жесткости сооружения, рационального использования материала устанавливаются внутренние диафрагмы. Чтобы предотвратить выход из строя одного из пневматических элементов покрытия в случае прокола внутренней камеры, иногда их устраивают с поперечными диафрагмами, которые разбивают пневматические элементы на отдельные, не сообщающиеся отсеки.

Расчет пневматических строительных конструкций производят по двум предельным состояниям:

- 1) по несущей способности (прочности и устойчивости);
- 2) по деформациям (складкообразованию и прогибам).

При определении усилий от нагрузок следует учитывать, что гибкие ткани и пленки воспринимают только растягивающие усилия. На начальную прочность и деформативность армирующего текстиля оказывает сильное влияние процесс нанесения резинового или пластмассового покрытия, поэтому при проектировании пневматических оболочек необходимо исходить из прочностных и деформационных характеристик готового прорезиненного материала. Расчетное сопротивление (R_p) прорезиненных тканей определяется по формуле [3]

$$R_p = k_{од}k_{дл}k_{дв}R_{кр},$$

где $R_{кр}$ — предел прочности прорезиненной ткани при одноосном кратковременном нагружении, кг/м;

$k_{од}$ — коэффициент однородности для основы—0,8, для утка — 0,7;

$k_{дл}$ — коэффициент длительного сопротивления для капроновых тканей—0,3, для лавсановых тканей—0,4—0,45;

$k_{дв}$ — коэффициент, зависящий от геометрической структуры ткани (относительной плотности) и колеблющийся от 1 (для редких решетчатых тканей) до 0,6 (для тканей с высокой относительной плотностью).

При расчете на прочность необходимо, чтобы максимальные растягивающие напряжения не превышали расчетных сопротивлений ткани по основе (вдоль рулона) R_0 или по утку (поперек рулона) R_y . Пневматические элементы воздушнонесомых конструкций рассчитываются с учетом напряжений в оболочках в результате

прогибов от нагрузок и изменения размеров их сечений (радиуса r) в результате деформаций оболочек от действия внутреннего давления. Внешние усилия (изгибающие моменты, продольные и поперечные силы) при расчете воздулонесомых конструкций определяются по общим правилам строительной механики. В местах действия наибольших усилий производится проверка поперечных сечений по прочности, устойчивости и складкообразованию (деформациям) [2].

Сжато-изгибаемые элементы — пневматические стойки, пневматические арки с радиусом r рассчитываются:

а) по прочности сечений, параллельных образующей, на действие внутреннего давления по формуле

$$\sigma = P_d r \leq R_0; R_y;$$

б) по прочности сечений, перпендикулярных образующей, по формуле

$$\sigma = \frac{P_d \pi r}{\alpha} \leq R_0; R_y;$$

в) по устойчивости на действие наибольших изгибающих моментов и продольных сжимающих сил от расчетных нагрузок по формуле

$$M + \frac{N \cdot \pi \cdot r}{4} \leq \frac{P_d \pi^2 r^3}{4};$$

г) по складкообразованию по формуле

$$M + \frac{N r}{2} \leq \frac{P_d \pi r^2}{2}.$$

При этом необходимо помнить, что изгибающие моменты определяются с учетом дополнительных моментов от продольных сил, возникающих в результате прогиба элемента.

В настоящее время накоплен богатый опыт по расчету и конструированию пневматических конструкций. Возрастает объем выпуска синтетических волокон, разрабатываются и внедряются новые типы тканей с более высокими прочностными характеристиками, более экономичные и долговечные, что дает возможность широко применять пневматические строительные конструкции в сельском хозяйстве.

УДК 624.072.075.04

А. С. ХАМУТОВСКИЙ, И. С. СЫРОКВАШКО

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОСТИ

В связи с интенсивным развитием сельского хозяйства значительно возрастает и объем сельскохозяйственного строительства. Важнейшей задачей при этом является максимальное