

УДК 631.234

05.20.01-Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

**РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗИМНИХ ТЕПЛИЦ ИЗ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ**

Блажнов Александр Александрович  
канд. техн. наук, доцент  
SPIN-код: 2530-4598  
*Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, Орёл, Россия*

Культивирование овощей в теплицах позволяет получать продукцию в более ранние сроки по сравнению с открытым грунтом и значительно увеличить её объём. Производство и поставка культивационных сооружений для круглогодичного выращивания сельскохозяйственных культур освоены рядом отечественных предприятий. Стоимостные показатели фермерских теплиц заводской поставки изменяются от 3 до 5 тыс.руб/м<sup>2</sup>. Хозяйственный способ строительства культивационного сооружения позволяет существенно снизить его стоимость при использовании несложной технологии и рациональных конструктивных решений. Рассмотрены два вида теплиц: однопролётная рамная (ангарная) и многопролётная (блочная) со сварным стальным каркасом из прокатных профилей. Выведены зависимости для определения энергоэкономичных объёмно-планировочных размеров теплиц. Аналитически обоснованы строительные параметры каркасов, минимизирующие расход стали на культивационные сооружения. Сделан вывод об экономической целесообразности строительства теплиц хозяйственным способом

Ключевые слова: ФЕРМЕРСКАЯ ТЕПЛИЦА, КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА, МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ КАРКАС, ПАРАМЕТРЫ КАРКАСА

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-178-021>

UDC 631.234

05.20.01-Technologies and means of agriculture mechanization (technical sciences)

**RATIONAL PARAMETERS OF WINTER GREENHOUSES FROM ROLLING PROFILES**

Blazhnov Alexander Alexandrovich  
Cand.Tech. Sciences, associate professor  
RSCI SPIN-code: 2530-4598  
*Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Oryol, Russia*

The cultivation of vegetables in greenhouses allows us to get products at an earlier date compared to open ground and significantly increase its volume. The production and supply of cultivation facilities for year-round cultivation of agricultural crops has been mastered by a number of domestic enterprises. The cost indicators of factory-delivered farm greenhouses vary from 3 to 5 thousand rubles / m<sup>2</sup>. The economic method of building a cultivation facility can significantly reduce its cost when using simple technology and rational design solutions. Two types of greenhouses are considered: single-span frame (hangar) and multi-span (block) with a welded steel frame made of rolled profiles. We have derived dependencies to determine the energy-efficient space-planning dimensions of greenhouses. The article analytically substantiates construction parameters of the frames, minimizing the consumption of steel for cultivation facilities. The conclusion is made about the economic feasibility of building greenhouses in an economic way

Keywords: FARM GREENHOUSE, STRUCTURAL SCHEME, METAL FRAME, FRAME PARAMETERS

Строительство теплицы хозяйственным способом, не требующим сложного оборудования, позволяет значительно сократить единовременные затраты по сравнению с затратами на теплицу заводского изготовления, суммарные расходы на изготовление, поставку и монтаж

<http://ej.kubagro.ru/2022/04/pdf/21.pdf>

несущих и ограждающих конструкций которой в пересчёте на единицу площади застройки составляют 3-5 тыс. руб./м<sup>2</sup> [1-6].

Цель исследования предусматривала разработку конструктивных схем зимних теплиц построечного изготовления из стальных прокатных профилей для малых форм хозяйствования и оптимизацию их параметров аналитическим методом. Объектами исследования являлись два вида теплиц: ангарные (однопролётные) и блочные (многопролётные) со сварным каркасом (рис.1,2). Для обеспечения возможности проведения необходимых агротехнических работ членами одной семьи площадь застройки теплиц принята равной 500 м<sup>2</sup>.

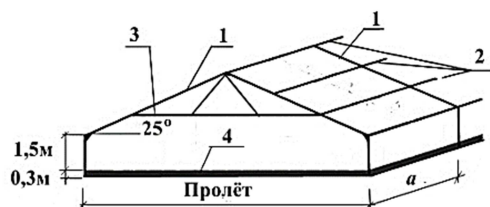


Рисунок 1 - Конструктивная схема каркаса ангарной теплицы: 1-рама каркаса; 2 – прогоны для опирания сотовых поликарбонатных панелей ; 3 – затяжка из гнутого швеллера; 4 – цоколь

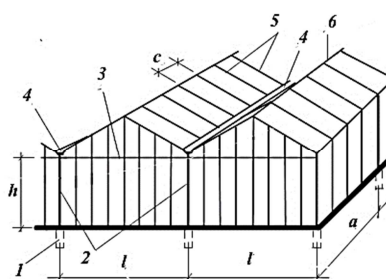


Рисунок 2 - Конструктивная схема блочной теплицы: 1- фундамент; 2 – стойки из прокатного двутавра; 3 – затяжка; 4 – лоток из гнутого швеллера для удаления осадков; 5 – шпросы из сдвоенных уголков для опирания стекла; 6 – коньковый прогон

Объёмно – планировочные параметры каркаса теплицы должны соответствовать минимуму площади ограждающих конструкций и затратам на отопление в холодный период года. То есть, коэффициент ограждения теплицы (отношение площади ограждения к площади пола) должен иметь наименьшее значение (рис.3).

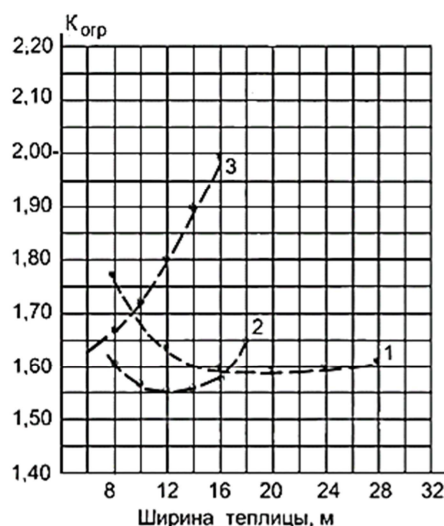


Рисунок 3 - Изменение коэффициента ограждения теплицы площадью 500 м<sup>2</sup>: 1 – ангарная (однопролётная) теплица рамного типа; 2 – блочная (многопролётная) теплица; 3 – арочная однопролётная теплица

Так, коэффициент ограждения ангарной теплицы (рис.1) равен

$$k = \frac{2h}{L} + \frac{1}{\cos \alpha} + \frac{2h}{A} + \frac{L}{2A} \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

где  $h$  - высота продольного вертикального ограждения, минимально равная 1,5м;  $L$  и  $A$  – соответственно ширина (пролёт) и длина теплицы;  $\alpha$  – угол наклона скатов кровли (не менее 25° по СП 107.13330.2012 «Теплицы и парники»).

Для ангарной теплицы площадью 500 м<sup>2</sup> после подстановки в формулу (1) длины теплицы  $A = 500/L$ , дифференцирования выражения по  $L$  и решения полученного уравнения относительно ширины теплицы, получим

$$L^3 \operatorname{tg} \alpha + 2hL^2 - 1000h = 0 \quad (2)$$

Откуда оптимальное значение пролёта теплицы, соответствующее минимуму площади ограждающих конструкций,  $L_{opt} = 12$  м, длина теплицы при этом составит 42м.

В блочной теплице (рис.2) при изменении планировочных параметров изменяется только площадь торцовых ( $F_T$ ) и продольных ( $F_{пр.ст}$ ) стен, сумма которых равна

$$F_T + F_{пр.ст} = 2Lnh + \frac{L^2 \operatorname{tg} \alpha n}{2} + 2h \frac{F_{II}}{Ln}, \quad (3)$$

где  $n$  - число пролётов в сооружении;  $L$  - пролёт, м;  $h$  – высота продольных стен, по нормам не менее 2,1 м;  $\alpha$  – угол наклона скатов кровли (не менее  $25^\circ$ );  $F_{II}$  – площадь теплицы, м.

Принимая пролёт  $L$  за известную технологически заданную величину, после дифференцирования (3) по  $n$  и преобразований получим выражение для числа пролётов, соответствующего минимуму площади ограждающих конструкций

$$n = \frac{2}{L} \sqrt{\frac{hF_{II}}{4h + L \operatorname{tg} \alpha}} \quad (4)$$

Так, при пролёте  $L = 4$  м для теплицы площадью  $500 \text{ м}^2$  целесообразное число пролётов будет равно пяти, размеры сооружения в плане составят  $20 \times 25$  м.

Для определения минимального расхода стали на каркас ангарной теплицы устанавливались зависимости удельного расхода стали ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ) на прогоны и рамы каркаса. Расход стали на прогоны из швеллеров на единицу площади теплицы

$$G_{III} = \frac{q^H a^3}{93,12} + \frac{4,1}{b} \text{ кг}/\text{м}^2, \quad (5)$$

где  $a$  – пролёт прогона (шаг рам), м;  $q^H$  - нормативное значение нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия,  $\text{кН}/\text{м}^2$ ;  $b$  – расстояние между прогонами, м.

При кровле из сотовых поликарбонатных листов толщиной 16 мм из условия обеспечения их допустимого прогиба от снеговой нагрузки максимальный шаг прогонов в южных и центральных регионах изменяется в пределах от 1,2 до 0,85 м.

Закономерности изменения расхода стали на поперечные рамы каркаса ангарной теплицы площадью  $500 \text{ м}^2$  при оптимальном пролёте 12 м в I – III снеговых районах по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» устанавливались статистической обработкой [7,8] результатов вычислений.

Зависимости расхода стали на рамы каркаса из прокатных швеллеров соответственно для I – III районов имеют следующий вид

$$G_I = 1,01 + 0,091L + \frac{5,35}{a} + \frac{0,5L}{a} \text{ кг/м}^2 \quad (6)$$

$$G_{II} = 1,63 + 0,10L + \frac{5,21}{a} + \frac{0,64L}{a} \text{ кг/м}^2 \quad (7)$$

$$G_{III} = 1,63 + 0,12L + \frac{5,21}{a} + \frac{0,76L}{a} \text{ кг/м}^2 \quad (8)$$

где  $L$  и  $a$  –соответственно пролёт теплицы и шаг рам каркаса.

Определив общий удельный расход стали на каркас ангарной теплицы суммированием зависимости (5) и соответствующих зависимостей (6) ... (8), продифференцировав полученное выражение по неизвестному параметру  $a$  и подставив в производную значения  $L, q^H, b$  можно определить шаг рам каркаса, соответствующий минимуму расхода стали. Установлено, что для I снегового района оптимальный шаг рам каркаса составляет 6,35м, для II района  $a_{\text{опт}} = 5,55\text{м}$ , для III района  $a_{\text{опт}} = 5,15 \text{ м}$ . Расход стали на каркас в этих районах соответственно составляет 7.9, 10.0 и 11.8кг/м<sup>2</sup>.

Для определения рациональных значений конструктивных параметров стального каркаса блочной теплицы (расстояния между шпросами «с» , пролёта «l» и шага стоек «а» ) в зависимости от снеговой нагрузки на кровлю с использованием метода наименьших квадратов определялись удельные расходы стали (кг/м<sup>2</sup> пола теплицы) на несущие элементы каркаса: шпросы, стойки, лотки. Выведенное математическое выражение суммарного удельного расхода стали

$$G = \frac{q_{III}^H l^3}{2913} + \frac{2,09}{c} + \frac{9,45}{a} - \frac{1,19l}{a} + \frac{q_{II}^H a^3}{689} + \frac{1,57}{l} , \text{ кг/м}^2 , \quad (9)$$

где  $q_{III}^H$  и  $q_{II}^H$  - соответственно нормативная снеговая нагрузка на шпросы и лотки теплицы;  $l$ – пролёт теплицы;  $c$  – расстояние между шпросами.

По результатам дифференцирования по независимым переменным  $(a, l, c)$  выведенной зависимости (9) и совместного решения полученных уравнений установлены экономически целесообразные значения пролёта и шага рам каркаса для ряда значений снеговой нагрузки на кровлю теплицы. Так, для центральных и южных регионов пролёты ( $l$ ) блочной теплицы рекомендуется принимать равными 4 м, шаг стоек ( $a$ ) – равным 2,5 м. Для снижения расхода стали на каркас расстояние между шпросами ( $c$ ) необходимо предусматривать максимально возможным в зависимости от снеговой нагрузки и толщины применяемого стекла (параметр «с» находится в знаменателе дроби). Для приведенных значений пролёта и шага стоек теоретический расход стали на каркас сооружения составляет около 8 кг/м<sup>2</sup>. При сложившихся рыночных ценах на стальные профили ~ 100 тыс. руб/т расчётная удельная стоимость каркаса при хозяйственном способе строительства составит примерно 1000 руб/м<sup>2</sup>, что существенно ниже стоимости металлоконструкций заводской поставки.

Светопрозрачное ограждение стен блочной теплицы может выполняться из сотовых поликарбонатных панелей или листового стекла. Для обеспечения возможности таяния снега и предотвращения образования снеговых мешков между скатами теплицы кровлю сооружения рекомендуется выполнять из листового стекла толщиной 4 мм, укладываемого по слою герметика. Для снижения теплопотерь в холодный период года в подкровельном пространстве необходимо предусматривать горизонтальный раздвижной шторный экран.

**Выводы:** 1. Разработаны строительные решения блочной и ангарной теплиц построечного изготовления для малых форм хозяйствования, позволяющие значительно снизить строительные затраты по сравнению со стоимостью заводской поставки и монтажа культивационного сооружения.

2. Выведены зависимости для определения энергоэкономичных планировочных размеров ангарной и блочной теплиц, а также соответствующих минимуму расхода стали параметров стального каркаса,

3. Тип теплицы (блочная или ангарная) следует выбирать с учётом конкретных условий строительства.

### Список литературы:

1. Блажнов А.А., Фетисова М.А. Производственные сооружения для фермерских хозяйств: монография. Орёл: ООО ПФ «Картуш», 2017. 132 с.

2. Блажнов А.А. Сравнительная оценка типов зимних теплиц для фермерских хозяйств // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. №3(711). с.71-78.

3. Теплица Агрисовгаз [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bcotok.ru> > Каталог > Теплицы > АгриСовГаз, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус.

4. Теплица Агросфера Фермер [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rusteplici.ru>>catalog/product/teplitsa-agrosfera, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус.

5. Теплица промышленная Фермер-11,5 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://orel.zagorod.shop>>shop/teplitsy/dlyafermerov, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус.

6. Фермерская теплица [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ochenkrepko.ru> > Фермерские-теплицы, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус.

7. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики. М.: ЮНИТИ - ДАНА, 2013. 432 с.

8. Елисеева И.И. Практикум по эконометрике. М.: Финансы и статистика, 2005. 192 с.

### References:

1. Blazhnov A.A., Fetisova M.A. Proizvodstvennyye sooruzheniya dlya fermerskih hozyajstv: monografiya. Oryol: OOO PF «Kartush», 2017. 132 s.

2. Blazhnov A.A. Sravnitel'naya ocenka tipov zimnih teplic dlya fermerskih hozyajstv // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. 2018. №3(711). s.71-78.

3. Teplica Agrisovgaz [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://bcotok.ru> > Katalog > Teplicy > AgriSovGaz, svobodnyj. — Zagl. s ekrana. — YAz. rus.

4. Teplica Agrosfera Fermer [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://rusteplici.ru>>catalog/product/teplitsa-agrosfera, svobodnyj. — Zagl. s ekrana. — YAz. rus.

5. Teplica promyshlennaya Fermer-11,5 [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://orel.zagorod.shop>>shop/teplitsy/dlyafermerov, svobodnyj. — Zagl. s ekrana. — YAz. rus.

6. Fermerskaya teplica [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://ochenkrepko.ru> > Fermerskie-teplicy, svobodnyj. — Zagl. s ekrana. — YAz. rus.

7. Ajvazyan S.A. Prikladnaya statistika. Osnovy ekonometriki. M.: YUNITI - DANA, 2013. 432 s.

8. Eliseeva I.I. Praktikum po ekonometrike. M.: Finansy i statistika, 2005. 192 s.