

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕПЛИЦЫ ДЛЯ ПРИУСАДЕБНОГО ХОЗЯЙСТВА

*Алексей Опришко, Наталья Пасичник*

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины*

*Украина, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15*

*Aleksey Opryshko, Natalya Pasychnyk*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

*Heroiv Oborony Str., 15, Kiev, Ukraine*

**Аннотация.** Представлена конструкция экспериментальной теплицы для приусадебного хозяйства, малого и среднего бизнеса, для получения до 2-х урожаев в год без дополнительного обогрева. Конструкция основана на применении покрытий из поликарбоната и аккумуляторов тепла. Проведена экспериментальная оценка полученных результатов.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, теплица, аккумуляторы тепла.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В условиях мирового кризиса стоимость продуктов питания постоянно возрастает. Ограниченная покупательная способность населения заставляет производителей сдерживать рост цен за счет снижения качества продукции. Популярность применения химикатов при промышленном производстве продукции растениеводства заставляет часть потребителей задуматься об альтернативных источниках продовольствия. Весомым решением этой проблемы для частных хозяйств есть использование приусадебных теплиц.

Имеющиеся технологии закрытого грунта можно условно разделить на использование гидропоники и обычного грунта. Использование гидропоники в промышленных масштабах широко применяется в Голландии и Японии и обусловлено максимальной урожайностью на единицу площади, отсутствием болезней грунта, легкостью автоматизации процессов производства. Вместе с тем данная технология не лишена и принципиальных недостатков. Так, при товарном внешнем виде продукции, вкусовые качества её зачастую оставляют желать лучшего. Так же гидропоника не является технологией замкнутого цикла и требует интенсивного вне-

сения минеральных удобрений, стоимость которых так же растет, что не может не сказаться на стоимости продукции. По этой причине появилась тенденция к применения субстратов на основе перегноя, листвы, торфа и т.д. [1-3].

Грунтовые теплицы можно эффективно использовать при отсутствии дефицита пахотных земель, что характерно для Украины. Во времена СССР были созданы значительные тепличные комплексы, конструктивные решения которых обуславливались имеющимися на тот момент материалами и низкой ценой энергоресурсов, что не соответствует сегодняшним реалиям.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Поэтому, целью работы стало разработка конструкции энергоэффективной стационарной теплицы для частных и средних фермерских хозяйств, для получения не менее 2-х урожаев в год без дополнительного отопления.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Конструктивные решения по выполнению теплицы.

*Выбор материала для покрытия теплицы.* Основной расход энергии в промышленных теплицах, разработанных в СССР, был на их обогрев, поскольку в качестве светопропускающего материала для стен и крыш использовалось стекло имеющие высокую теплопроводность. Эти теплицы нуждались в постоянном отоплении в зимний период, независимо от наличия растений, поскольку наличие больших масс снега на крыше могло привести к обрушению остекления. Повысить энергоэффективность теплиц пытались

путем применения оргстекла (полиметилметакрилата), но в 80-е годы прошлого столетия попытка не удалась по причине пожелтения и деградации материала под влиянием ультрафиолета.

Уменьшение теплопотерь возможно при применении современных прозрачных материалов, таких как сотовый поликарбонат, который, относительно стекла, имеет значительно ниже удельный вес, теплопроводность и стоимость. Кроме того, он более долговечен, чем, например, полиметилметакрилат. В настоящее время данный материал выпускается в промышленных масштабах, сертифицирован в России и регламентирован техническими условиями ТУ 2256-001-54141872-2006. На рынке Украины представлено много образцов сотового поликарбоната таких производителей как POLYSIDE и POLYGAL (Израиль), SUNLITE (Великобритания), CARBOGLASS и KINPLAST (Россия), Vizor (Чехия), Soton (Украина), др. [4-6]. Эти материалы отличаются составом, технологией изготовления и, соответственно, ценой. Основной причиной разрушения поликарбонатов является ультрафиолетовое излучение, для защиты от которого используют накатку специального пленочного покрытия, качество которого и определяет срок эксплуатации и соответственно гарантийные обязательства поставщика.

Для изготовления экспериментальной теплицы был выбран 4 мм сотовый поликарбонат торговой марки VIZOR, поскольку он имеет максимальный для поликарбонатных листов срок гарантии в 10 лет и цену, сравнимую с так называемыми NoName образцами, не имеющими никакой гарантии от поставщика.

*Конструкция каркаса теплицы.* На рынке Украины представлено несколько компаний, предлагающих готовые малогабаритные теплицы из поликарбоната. Представленные теплицы имеют сходную конструкцию и геометрические размеры - ширина теплицы 3 или 4 м и длинна, кратная 2 м [7-9]. Исходя из стандартных размеров листа поликарбоната в 6×2.10 м, можно сделать вывод, что данные размеры арочных, одно и двускатных теплиц, а также теплиц Митлайдера определялись безотходным использованием поликарбоната. В качестве каркаса используется

волнообразный оцинкованный профиль 0,75 мм, алюминиевая профилированная труба сечением 20/30×20×1,5 мм, или оцинкованная труба 20×20×2 мм. Исходя из того, что в теплице планировалось использовать подвесные лотки с растениями, которые имеют значительный вес, для производства теплицы применили стальную трубу 40/20×20×2 мм. При выборе форм фактора была принята арочная конструкция, поскольку при одно- и двускатном решении нужно выполнять дополнительную герметизацию стыка кровли и стенки. Габариты были приняты 6×4×2,75 исходя, из пожелания обслуживающего персонала иметь возможность работать в полный рост около стен теплицы. При указанных размерах и материалах вес теплицы с учетом налипания снега составит несколько тонн, поэтому был выполнен бетонный фундамент ленточного типа с шириной 0,25 м. Глубина фундамента была принята в 0,85 м, исходя из возможной глубины промерзания грунта в зимний период в месте строительства. С наружной стороны фундамент был утеплен пенополистиролом толщиной 20 мм и защищен от намокания слоем гидрозащитного покрытия Акваизол.

Кроме предлагаемых [4-6] стандартных конструкций теплицы энтузиастами было разработано несколько альтернативных вариантов, предназначенных именно для приусадебных хозяйств, малого и среднего бизнеса [8-13]. Интересными, на наш взгляд, есть стационарные теплицы «Солнечный вегетарий» [10], теплица-термос [11]. Предложенные конструкции приспособлены под максимальное использование солнечной энергии, для реализации чего служат:

1. Размещение строения в пространстве с севера на юг.

2. Использование светоотражающих покрытий и утепления на стенах, через которые солнечный свет не может прямо попасть внутрь теплицы.

3. Использование аккумуляторов тепла.

*Аккумуляторы тепла* для теплицы могут быть твердотельные, жидкостные (водяные) и на основе фазового перехода. Твердотельные аккумуляторы выполняются на основе камня, который днем нагревается, а ночью остывает при прокачке воздуха [14, 15]. В литературных и интернет-источниках нам не

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕПЛИЦЫ ДЛЯ ПРИУСАДЕБНОГО ХОЗЯЙСТВА

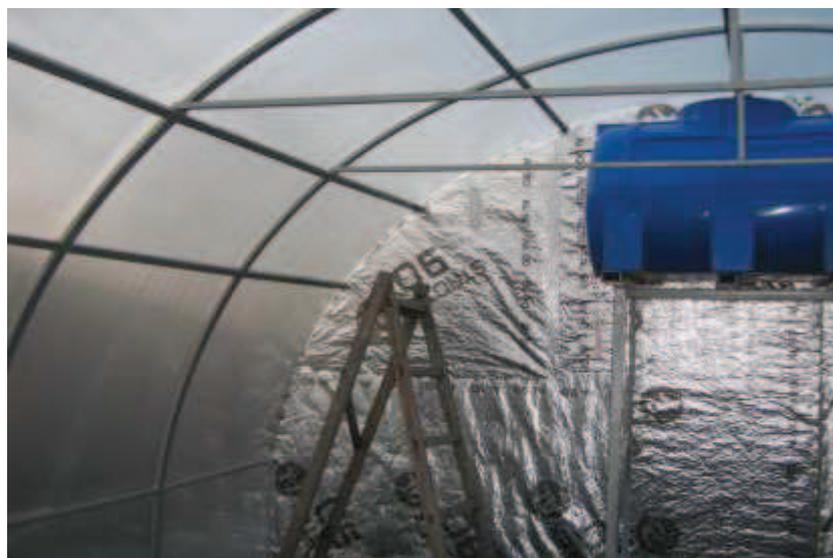
удалось найти результаты практического использования твердотельных аккумуляторов непосредственно для теплиц. По нашему мнению, это связано с тем, что в теплицах, в отличие от жилых помещений, где традиционно эксплуатируются такие аккумуляторы, очень высокая влажность, которая приводит к выпадению конденсата на охлажденные камни в бункере, что должно привести к низкой эффективности данной конструкции. Аккумуляторы на основе фазового перехода [15-17] более эффективны, поскольку для многих веществ значение энтальпии фазового перехода значительно выше теплосодержания за счет теплоемкости. Данные аккумуляторы в настоящее время активно разрабатываются, но их сложность и высокая стоимость обуславливают необходимость дополнительных исследований по экономической целесообразности их применения в теплице. Исходя из этого, был принят водяной тепловой аккумулятор, который расположили у северной стенки теплицы, максимально близко к кровле. Такое решение также обеспечивает запас тёплой отстоявшейся воды для полива растений.

На рис. 1 представлено внешний вид разработанной экспериментальной конструкции. Теплица была создана в августе 2011 года. За 2 года эксплуатации конструкция показала свою надежность при наличии снежного покрова до 0.6 метра и устойчивость к граду.

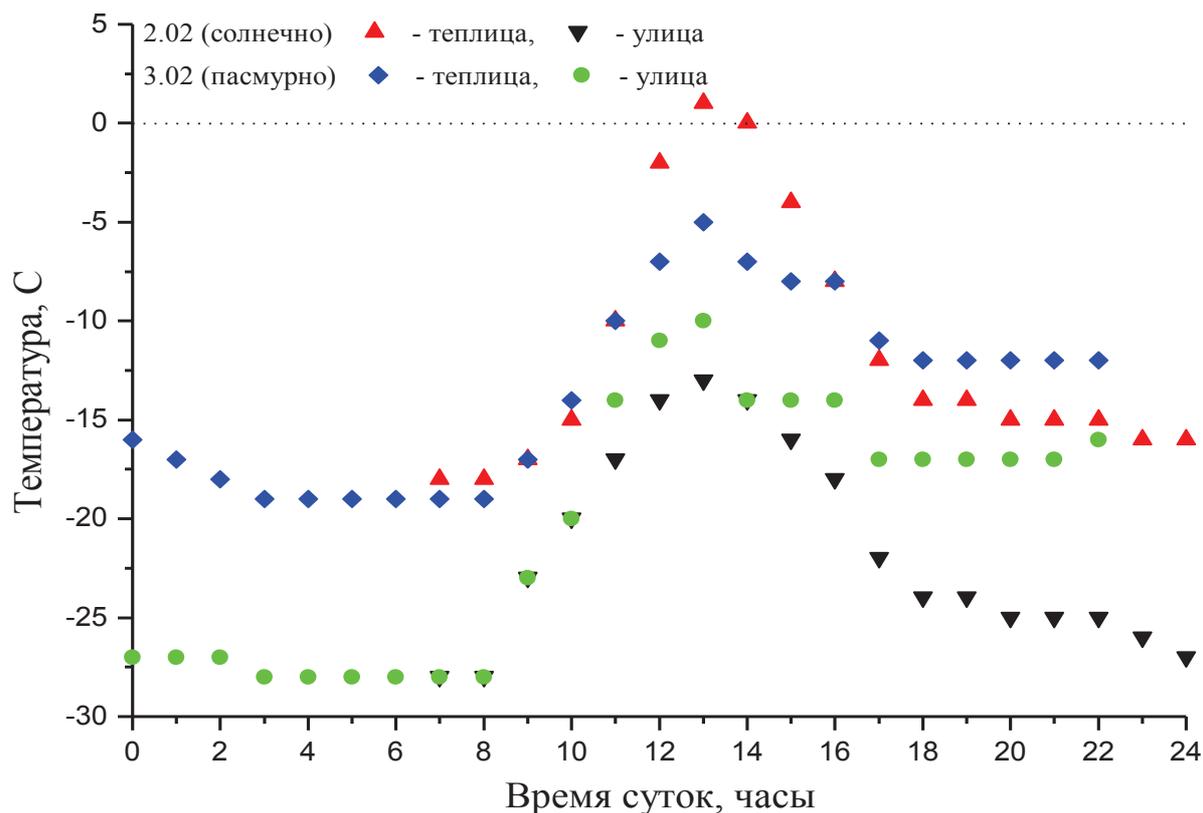
Работы в теплице начинаются весной, когда устанавливается среднесуточная активная температура – не ниже 5 °С. Следует отметить тот положительный момент, что грунт в зимнее время не промерзает глубоко, и поэтому весной нет радиационных заморозков (очень частое негативное явление на открытом грунте, когда в период установившихся положительных температур происходит освобождение холодных масс их подстилающих слоёв почвы). В 2012 году первый посев провели во второй декаде марта. В это время температура ночью на улице была -2°С и ниже, а днем не превышала +8°С. На протяжении первой недели на ночь растения укрывались полиэтиленовой пленкой.

В первый год эксплуатации мы запоздали в посевом и высадкой рассады, так как не успели вовремя завезти грунт. Но результаты нас всё равно порадовали - на 01.04 был получен первый урожай зеленого лука, с 15.04 – редис, шпинат, салат и рассада овощей, 15.05 – собирали огурцы и 2.06 – помидоры. Приведенные результаты получены на протяжении 1-го года эксплуатации, и ряд элементов, а именно подбор культур, сортов, сроков посадки требует усовершенствования.

Конструктивно разработанная модель наиболее схожа с «Теплицей-термосом» компании «Вишневы сад» [8], в которой, согласно описанию, температура не опускается ниже 3 °С даже при морозе снаружи до -30 °С.



**Рис. 1.** Экспериментальная теплица  
**Fig. 1.** Experimental greenhouse



**Рис. 2.** Зависимость температуры внутри и вне теплицы от времени суток  
**Fig. 2.** Dependence temperature inside and outside greenhouse time of day

В этом случае использование даже слабого обогревателя обеспечит эксплуатацию теплицы на протяжении всего года, кардинально повысив её рентабельность. Экспериментальные исследования проводились 02-03.02.2012, измерялась температура воздуха на высоте 1,5 метра от уровня грунта с северной стороны в середине и снаружи теплицы. Время исследования было выбрано исходя из прогноза погоды, согласно которого 2.02.2012 при ясной погоде температура воздуха была до  $-29^{\circ}\text{C}$ , а на следующий день ожидалось потепление на  $10^{\circ}\text{C}$  при плотной облачности. Полученные результаты представлено на рис. 2.

Как видно из представленных данных, положительная температура в теплице была достигнута на протяжении 2-х часов в солнечный день при разнице температур не  $30$ , а  $16$  градусов, при этом внутренняя поверхность теплицы была покрыта слоем изморози. Аккумуляции тепла в грунте, достаточно для поддержания положительной температуры на его поверхности, не произошло. В пасмурный день разница составляла лишь  $5-6^{\circ}\text{C}$ . Исходя из этого, заявленная в эффек-

тивность «теплицы термоса» [8] представляется сомнительной. Тем более что для обогрева заглубленной в грунт на  $2$  метра теплицы А.В. Потия [11], которая будет иметь лучшую теплоизоляцию [11] в пасмурную погоду отопление требуется.

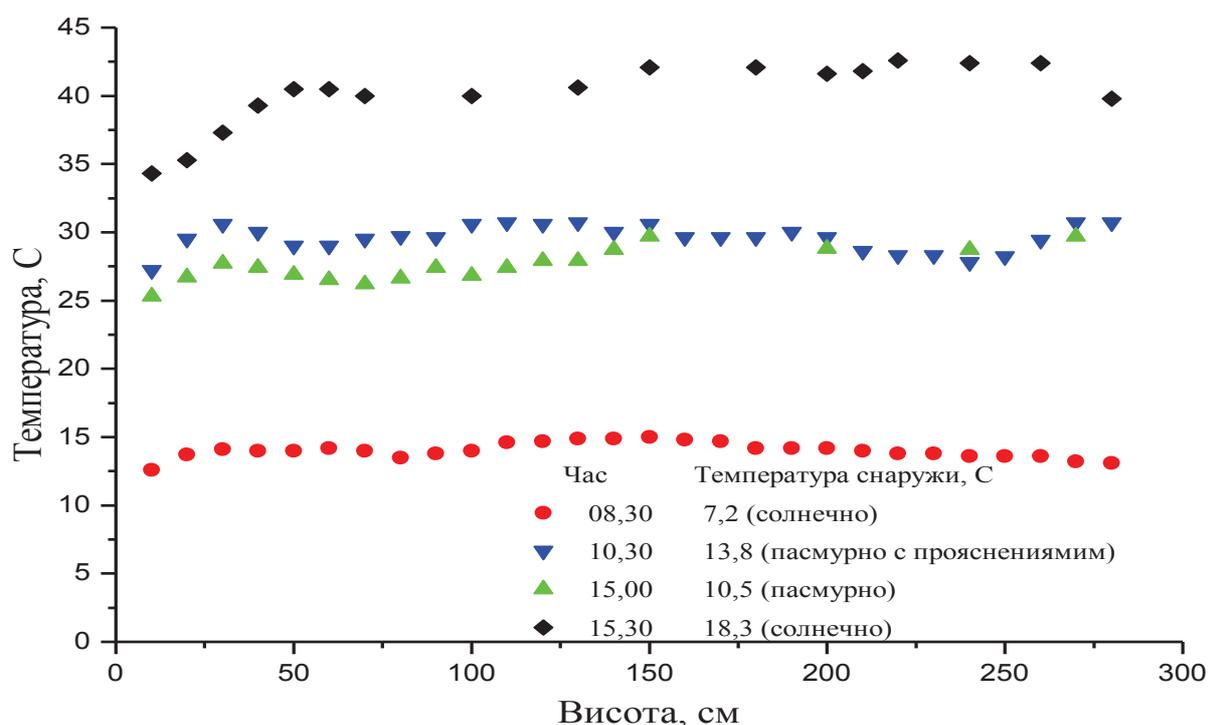
Исходя из высокой стоимости теплицы, желательно максимально использовать весь её объём. Решением могут стать подвесные лотки с растениями. Подвесные лотки с земляникой широко используют на роботизированных фермах в Японии, в России проводились эксперименты по выращиванию овощей в лотках [18-20], но для работа не имеет принципиального значения высота подвеса. Если же рассчитывать на обслуживание человеком, высота подвеса имеет определенные ограничения. Определить высоту подвеса можно, исходя из теплового пространства теплицы, экспериментальные исследования которого были проведены на протяжении 21-22 марта 2012 года. Эксперимент проводился в разное время суток при солнечной и пасмурной погоде. Измерения проводились с использованием цифрового пирометра UNIT (модель UT301A). В приделах одного из-

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕПЛИЦЫ ДЛЯ ПРИУСАДЕБНОГО ХОЗЯЙСТВА

мерения допускалось колебание температуры в диапазоне до 0,2 °С. Температурные показатели снимались со стальной трубы высотой 3м и диаметром 50мм, с теневой стороны. Труба была окрашена масляной краской желтого цвета. Пространственно образец был размещен в геометрическом центре теплицы и заглублен на 0,25м. в грунт. Полученные результаты представлены на рис. 3.

Как видно из приведенных результатов измерений независимо от интенсивности солнечного излучения температура воздуха от высоты в 0,5м до верха теплицы приблизительно одинакова. При температуре в 18,3 °С (♦) около потолка наблюдается снижение температуры, чего не происходит при прочих измерениях. По нашему мнению, причиной этого являются щели между стеной и кровлей, образовавшиеся в результате теплового расширения поликарбоната и приведшие к сквозняку от сильного ветра на улице. В дальнейшем щели были герметизированы резиновым уплотнителем, после чего падения температуры не наблюдалось. Следует отметить, что выполнение достаточно трудоемкой операции по герметизации шва дало результат в диапазоне высот до 20-25см. максимум, где практически невозможно разместить лотки. Следует отметить, что

технологически наиболее сложным и дорогим элементом конструкции являлись дуги из гнутой стальной трубы 40×20×2. Соответственно, увеличение высоты теплицы за счет вертикальных стен на 1.5-2м не приведет к существенному удорожанию изделия, позволив получить больший объем для подвесных лотков. Температура воздуха в теплице днём, при интенсивном солнечном освещении и закрытых дверях, уже в середине марта повышается до 40 °С, поэтому нужно следить и регулировать температурный режим. Использование бака с водой емкостью 350л в качестве теплового аккумулятора позволяет снизить максимальную температуру. В бак закачивали воду из скважины с температурой 9 °С, что привело к выпадению конденсата и снижению максимальной температуры из 40° до 36°С. Но в летнее время использование только теплового аккумулятора оказалось недостаточным. Регулирование температуры в сторону понижения мы осуществляли проветриванием, можно так же проводить затемнение, дождевание. Для удобства пользования и облегчения физического труда, а также привязанности к теплице, в конструкции целесообразно предусмотреть средства автоматизации.



**Рис. 3.** Температура воздуха в теплице в зависимости от высоты над грунтом  
**Fig. 3.** Temperature in greenhouse, depending on height above ground

ВЫВОДЫ

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Предложенная конструкция теплицы позволяет получить до 2-х урожаев в год без постоянного искусственного отопления. Целесообразность использования теплицы в зимнее время необходимо рассчитывать, исходя из реальных значений стоимости продуктов питания и энергоресурсов.

2. Температурное поле теплицы, начиная с высот от 0.5 метра и выше равномерно, что дает возможность использовать подвесные лотки для растений. Высота подвеса может варьироваться исходя из удобства обслуживания. При применении лотков целесообразно увеличение высоты теплицы на 1.5-2 метра.

3. Обеспечение теплового режима теплицы в летнее время только за счет теплового аккумулятора нереализуемо. Целесообразно применение средств автоматизации для обеспечения снижения температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Selivanov V.G., Piskunov O.D., Yudina S.N., Usmanov P.P. 2012: Opyt primeneniya maloobyemnoy tekhnologii vyrashchivaniya ovoshchnykh kultur v fermerskoy bloch-noy teplitse // Tekhnika i oborudovaniye dlya sela. – № 4. – 46-48.

2. Autko A.A., Kozlovskaya I.P. 2005: Optimizatsiya usloviy pitaniya tomata v zimnikh teplitsakh na organicheskikh substratakh s dobavkami kostry lna // Agroekologiya / Belarus. gos. s.-kh. akad. Gorki. – Vyp. 2. – 106-110.

3. Autko A.A., Kozlovskaya I.P. 2005: Otsenka intensivnosti mineralizatsii mnogokomponentnykh organicheskikh substratov pri maloobyemnom vyrashchivanii tomata v zimnikh teplitsakh // Zemlyarobstva i akhova raslin. – № 3. – 48-49.

4. Polikarbonat sotovyy [http://www.citystroy.ua/materials/construction/polycarbonate\\_hollow](http://www.citystroy.ua/materials/construction/polycarbonate_hollow)

5. Olikarbonat sotovyy [http://www.polikarbonatvu.com.ua/cellular\\_polycarb.onate.html](http://www.polikarbonatvu.com.ua/cellular_polycarb.onate.html)

6. Polikarbonat sotovyy <http://imperial-group.com.ua/ru/catalog/polikarbonat-cell.html>

7. Teplitsa NOVA <http://teplicano-va.com.ua/katalog-teplici-iz-polycarbonata.html>

8. Kompaniya «Vishnevyy sad» Teplitsy <http://polikarbonatvs.com.ua/category3.htm>

9. Kompaniya «Profil-M» Ukrainskiye teplitsy. <http://parnik.vn.ua/teplici.html>

10. A.Ivanko, A.Kalinichenko, N.Shmat 1996: Solnechnyy vegetariy. – K.: "Anfas". – 112.

11. Teplitsatermos A.V.Patiya <http://teplica.6te.net/termos.html>

12. Chukhlyayev I. 2003: Neobychnnyye konstruktсии // Sad i ogorod. – №2. – 10.

13. Sovershenstvovaniye konstruktсии tep-lits dlya sadovodov i fermerskikh khozyaystv. 1992: / Sb. nauch. tr. Proyektno-tekhnologicheskogo instituta mekhanizatsii i elektrifikatsii selskogo khozyaystva Nechernozemnoy zony. – Vyp.61. – 111-114.

14. Teploobespecheniye. <http://strawhouse.ru/fotogalereya?view=354869401>

15. Lukyanov A.V., Ostapenko V.V., Aleksandrov V.D. 2010: Akkumulyatory teplovooy energii na osnove fazovogo perekhoda/ Visnik Donbaskoi natsionalnoi akademii budivnitstva i arkhitekturi. Inzhenerni sistemi ta tekhnologii bezpeki. – Vip. 86. – 64-68.

16. Gazalov B.C., Abelentsev Ye.Yu. 2011: Energeticheskaya otsenka protsessa podogreva tekhnologicheskoy vody s ispolzovaniyem solnechnoy energii. Ekologiya i selskokhozyaystvennyye tekhnologii: agroinzhenernyye resheniya / Sev.-Zap. nauch.-issled. in-t mekhanizatsii i elektrifikatsii sel. khoz-va. – Sankt-Peterburg; T. 3. – 232-238

17. Rusan V.I., Rusan S.V. 2007: Vozobnovlyayemyye istochniki energii i novyye ekologichnyye tekhnologii ikh ispolzovaniya v Belarusi. Ekologiya i s.-kh. tekhnika / Sev.-Zap. nauch.-issled. in-t mekhanizatsii i elektrifikatsii sel. khoz-va. - Sankt-Peterburg, T. 1; Obshchiye ekologicheskkiye aspekty pri razrabotke tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv, ispolzuyemykh v selskokhozyaystvennom proizvodstve. - 40-46

18. Shigematsu K., Hayashi S., Yamamoto S., Kobayashi K., Kohno Y., Kamata J., Ku-rita M. 2009: Study on the Annual Utilization of a Harvesting Robot for Forcing Culture in Strawberries J.Japan.Soc.Agr.Mach., Vol.71,N 6. - 106-114.

19. Issledovaniye effektivnosti ventilya-tsii teplitsy s gorizontально-podvesnym polozheniyem

rasteniy. 1986: Sovershenstvo-vaniye metodov proyektirovaniya, izgotovle-niya i vozvedeniya s.-kh. sooruzheniy. - 83-86.

20. Avdiyenko V.G., Bart M.A.; Grosheva T.D. 2000: Razrabotka perspektivnogo metoda vyrashchivaniya ozdorovlennogo kartofelya v usloviyakh plenочно-marlevoy teplitsy Vestn. Ulyan. gos. s.-kh. akad. Agronomiya, N 1. - 67-72.

#### **EXPERIMENTAL RESEARCH GREEN- HOUSES FOR SUBSISTENCE FARMING**

**Summary.** The design of experimental greenhouses for subsistence farming, small and medium business, for up to 2 harvests per year without additional heating. The design is based on the application of coatings of polycarbonate and heat accumulators. The experimental evaluation of the results.

**Key words:** energy efficiency, greenhouse, heat accumulators.