

6. Shchitov S.V., Krivutsa Z.F. Optimizatsiya raboty avtomobil'nogo transporta s ispol'zovaniem navigatsionnykh sistem GLONASS I GPS // Nauchnoe obozrenie. – 2011. – № 6. – S. 87-92.

7. Evdokimov V.G., Shchitov S.V., Krivutsa Z.F. Ispol'zovanie navigatsionnoi sistemy GLONASS i GPS dlya monitoringa avtomobil'nogo transporta // Dvoinye tekhnologii. – 2012. – № 3. – S. 26-29.

8. Kut'ko G.M. Traktory i avtomobili. Teoriya i tekhnologicheskie svoystva – M.: KolosS, 2004. – 504 s.

9. Shchitov S.V., Tikhonchuk, P.V., Krivutsa Z.F. Vliyaniye dorozhnogo pokrytiya na koeffitsient soprotivleniya kacheniyu gruzovykh avtomobilei // Nauchnoe obozrenie. – 2013. – № 6. – S. 29-34.

10. Zimelev G.V. Teoriya avtomobilya. – M.: Mashgiz, 1960. – 456 s.

11. Shchitov S.V., Krivutsa Z.F. Snizhenie energozatrat na transportnykh rabotakh za schet optimizatsii skorosti dvizheniya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 5. – S. 114-117.

12. Shitov S.V., Krivytsa Z.F. Assessment of transport and technological support cropping // Science, Technology and Higher Education: materials of the international research and practice conference, Vol. 1, Westwood, December 11th-12th, 2012 / Publishing Office Accent Graphics Communications – Westwood – Canada, 2012. – ISBN 978-1-927480-38-0– 522-529 p.



УДК 621.31.658.382.2

О.К. Никольский, Н.И. Черкасова, А.Ф. Костюков  
O.K. Nikolskiy, N.I. Cherkasova, A.F. Kostyukov

## СЦЕНАРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКА СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

### SCENARIO RISK MODELING OF RURAL ELECTRIC MAINS

**Ключевые слова:** интегральный риск, моделирование, оценка риска, ущербы, экспертная оценка.

**Keywords:** integral risk, modeling, risk evaluation, damage, expert estimation.

Целью исследования является оценка эффективности эксплуатации электроустановок, которая должна определяться, в первую очередь, обеспечением надежности и безопасности, при приемлемых затратах на техническое обслуживание и ремонт. Достижение цели возможно при решении задач методами повышения надежности технических систем, инструментальными средствами диагностики и путем прогнозирования остаточного ресурса. Анализ и оценка интегрального риска связаны с проблемой получения информации о состоянии системы. Если при идентификации воздействующих факторов имеются статистические данные, то задача оценки риска решается методами теории вероятностей. При отсутствии исходной информации возникает необходимость снятия неопределённости, касающейся в первую очередь человеческого фактора и среды. Задача такого рода может быть решена методом сценарного анализа, позволяющего проверить системные исследования с преимущественной ориентацией на количественные оценки сценарных моделей. В настоящее время не разработана целостная методология сценарных исследований, как и отсутствует четкое определение самого понятия «сценарий». Не претендуя на обобщённое определение, под сценарием будем понимать некую гипотетическую прогнозирующую модель, адекватную реальному объекту исследования. Основной целью сценарных исследований является представ-

ление объективной информации о техногенных рисках сельских электрических сетей как методической основы для разработки рекомендаций по обеспечению нормативного значения уровня безопасности. В основе количественной оценки уровня техногенной опасности ЭЭС должен быть положен интегральный риск, выраженный в виде некоторого вектора, компонентами которого являются ущербы (потери) в денежном эквиваленте, вызванные перерывами электроснабжения, снижением качества электроэнергии, возникновением пожаров, электротравм людей и электропатологии животных.

The research goal is to evaluate the efficiency of electric installation operation; the efficiency should be determined primarily by ensuring reliability and safety at reasonable costs of maintenance and repair. The goal may be achieved by the methods of reliability improvement of engineering systems, diagnostic instrumentation and limited operation life forecasting. The analysis and evaluation of integral risk is connected with receiving the information about the system status. When there are statistical data at the identification of the affecting factors, the risk evaluation problems are solved by the probability theory methods. When there is no initial information, the uncertainty related to human factor and the environment should be eliminated. Such a problem may be solved by the method of scenario analysis which enables verifying the system study with prevailing focus on quantitative assessment of scenario models. Nowadays there is no integral methodology of scenario studies and there is no definition of the term 'scenario' either. Within this research, not intending to give a generalized

definition, a scenario is understood as a certain hypothetical predictive model which is adequate to the real subject of the research. The main goal of scenario studies is to present the objective information about anthropogenic risks of rural electric mains as a methodological basis for the development of the guidelines on ensuring safety level standards.

The quantitative assessment of anthropogenic risk level of rural electric mains should be based on integral risk expressed as a vector which component is money damage caused by electric power supply interruptions, electricity quality reduction, fire break-out, electrical injury of people and electric pathologies in animals.

**Никольский Олег Константинович**, д.т.н., проф., зав. каф. «Электрификация производства и быта», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Тел. (3852) 36-71-29. E-mail: elnis@inbox.ru.

**Черкасова Нина Ильинична**, к.т.н., зав. каф. «Электроэнергетика», Рубцовский индустриальный институт (филиал), Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. E-mail: 4ercas@bk.ru.

**Костюков Анатолий Федорович**, к.т.н., ст. преп., каф. «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», Алтайский государственный аграрный университет. Тел. (3852) 62-84-49. E-mail: kostyukovaf@mail.ru.

**Nikolskiy Oleg Konstantinovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Chair of Production and Household Electrification, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. Ph.: (3852) 36-71-29. E-mail: elnis@inbox.ru.

**Cherkasova Nina Ilyinichna**, Cand. Tech. Sci., Head, Chair of Electrical Power Engineering, Rubtsovsk Industrial Institute (Branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. E-mail: 4ercas@bk.ru.

**Kostyukov Anatoliy Fedorovich**, Cand. Tech. Sci., Asst. Prof., Chair of Electrification and Automation of Agriculture, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-84-49. E-mail: kostyukovaf@mail.ru.

Обеспечение безопасности электроустановок и анализ техногенных рисков занимают особое место в проблеме надежности инженерных систем. В настоящее время сложилась определённая терминология и понятия теории безопасности и риска [1]. Вместе с тем методология учёта и оценка безопасности при обосновании технических и организационных мероприятий по действующим и проектируемым объектам так называемой малой электроэнергетики, к которым относятся сельские распределительные сети 10-0,4 кВ и электроустановки зданий, до сих пор остаются неразработанными [2].

На кафедрах «Электроснабжение производства и быта» АлтГТУ и «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» АГАУ проводятся исследования, **целью** которых является разработка неразрушающих методов определения состояния установочных электропроводок в зданиях и сооружениях производства и быта для оценки их остаточного времени наработки на отказ.

**Задачами** исследования являются:

- анализ существующих методов неразрушающего контроля применительно к поставленной цели;
- разработка методик неразрушающего анализа дефектов электропроводок на ранней стадии и динамики их развития с вероятностной оценкой времени наработки на отказ;
- разработка рекомендаций по применению новых методов диагностирования установочных проводок.

Излагается новый подход к оценке комплексной безопасности системы электропитания сельскохозяйственных объектов.

В связи с этим введён ряд понятий и определений.

Под опасной техногенной ситуацией, возникающей в электроустановке, будем понимать такое её состояние, когда случайное попадание человека под напряжение может вызвать электропоражение, либо электроустановка способна выделить в окружающую среду такую мощность, которой будет достаточно для воспламенения окружающей среды и возникновения пожара.

Под предельным состоянием электроустановки условимся считать такое её состояние, при котором дальнейшая её эксплуатация недопустима, либо восстановление её работоспособного состояния нецелесообразно. Критерием предельного состояния является совокупность качественных признаков или количественных оценок диагностических параметров, установленных нормативно-технической или проектной документацией. Переход электроустановки из работоспособного состояния в предельное обычно происходит вследствие каких-либо повреждений, приводящих к отказу.

Отказ – негативное техногенное событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния электроустановки. Будем различать полный отказ (аварийное состояние), который приводит к перерывам электроснабжения и может вызвать электропоражение людей или пожары, и частичный, характеризующий такое состояние, которое не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической или проектной документации. Частичные отказы при сохранении работоспособного состояния электроустановки приводят к нарушению режимов,

снижению показателей качества электроэнергии, вызывают электропатологию животных [3].

Техногенный риск – комплексный показатель безопасности, являющийся функцией вероятности возникновения опасности  $P$  и ущерба  $Y$  [4]:

$$R = f_r(P, Y). \quad (1)$$

Интегральный риск сельских электрических сетей (СЭС) ( $R_{\Sigma}$ ) – векторный показатель, характеризующийся тремя факторами риска:

- компонентой  $R_{\Sigma}$  опасной техногенной ситуации ( $R_{oc}$ );
- компонентой  $R_{\Sigma}$  отказов (полного частичного –  $R_{от}$ );
- компонентой  $R_{\Sigma}$ , отражающей снижение показателей качества электроэнергии ( $R_{кэ}$ ).

Защищённость СЭС – свойство объекта, направленное на обеспечение техногенной безопасности человека, электроустановки и окружающей среды.

Защищённость должна определяться совокупностью ресурсов по надёжности, уязвимости и живучести, определяемых отношением предельных параметров в аварийном или ненормальном режиме к соответствующим параметрам в работоспособном состоянии объекта [5]. В качестве интегрального показателя защищённости СЭС целесообразно рассмотреть индекс защищённости, представляющий собой отношение нормативного

значения интегрального риска электроустановки ( $R_H = 1 \cdot 10^{-6}$ ) к текущему его значению  $R_T S = R_H / R_T$ .

В контексте методологии, изображённой на рисунке 1, и Законе «О техническом регулировании» [6] при анализе и оценке рисков рассмотрим три основных компонента сложной системы «человек – электроустановка – среда»: люди (человеческий фактор – Ч), объекты технического регулирования (техногенный фактор – электроустановки Э) и объекты среды (С). Это означает, что компоненты риска (1), представляющиеся в виде временных функций от вероятности  $P(t)$  и ущерба  $Y(t)$ , зависят от факторов Ч, Э и С:

$$R(t) = r_p [ Ч(t), Э(t), С(t) ]; \quad (2)$$

$$Y(t) = r_y [ Ч(t), Э(t), С(t) ]. \quad (3)$$

В соответствии с классификацией [7] по уровню потенциальной опасности система (Ч – Э – С) описывает объекты жизнеобеспечения крупных предприятий и населённых пунктов (энергетические системы, коммунальное хозяйство и др.), аварии, которые могут привести к гибели людей, большим материальным ущербам и вызвать нарушения экологической обстановки региона.

Для этих объектов кинетика рисков  $R(t)$  во времени характеризуется сценарием монотонного возрастания рисков до критического значения  $R_{кр}$  (рис. 2).

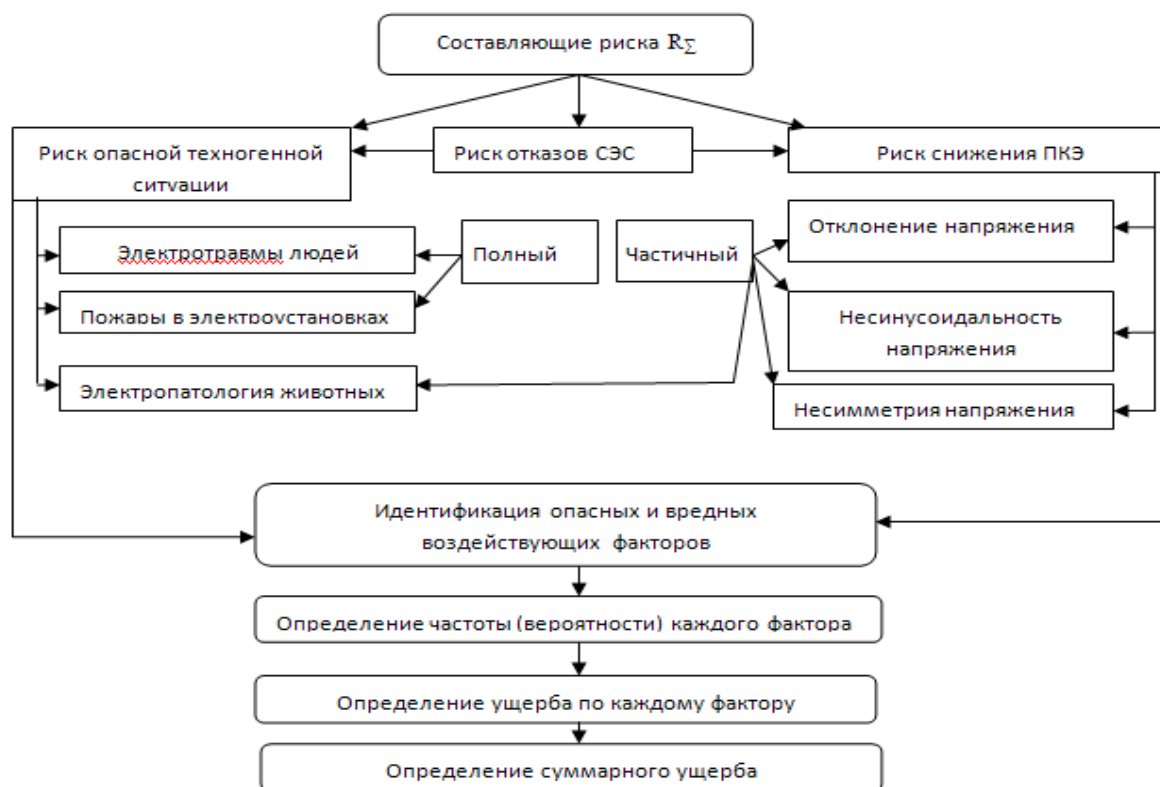


Рис. 1. Методология оценки интегрального риска СЭС ( $R_{\Sigma}$ )

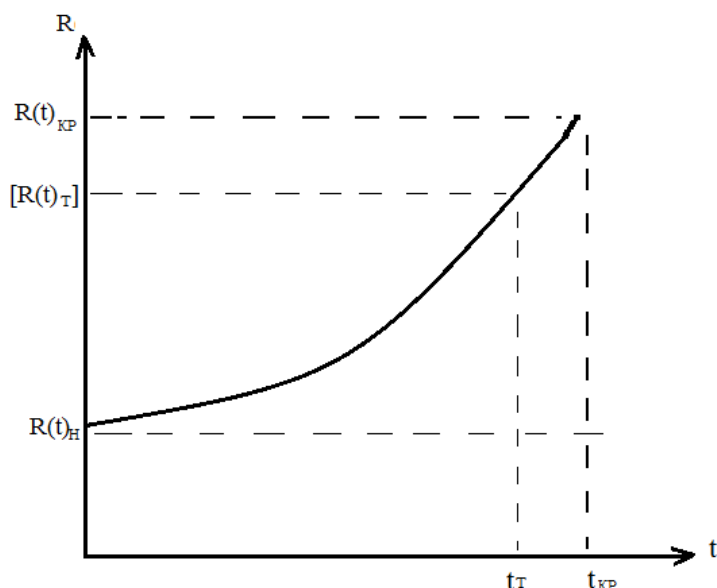


Рис. 2. Временная диаграмма изменения риска системы (Ч – Э – С);  
 $R(t)_н$  – начальный уровень риска;  $[R(t)_т]$  – текущий уровень риска (меняющийся во времени);  
 $R(t)_кр$  – критический уровень риска

Таблица

**Сценарная оценка интегрального риска**

№ сценария	Наименование параметра и его лингвистическая оценка				Значение риска	Балл
	численные характеристики		вероятность события	последствие события		
	$P_{ij}$	$Y_{ij}$				
1	1,0	→0	Абсолютно достоверно	Очень низкая	0	5
2	→0	→1	Совершенно достоверно	Очень высокая	0	
3	→0	→0	Совершенно невозможно	Очень низкая	0	
4	0,2	0,2	Маловероятно	Низкая	0,04	4
5	0,5	0,5	Допустимо	Средняя	0,25	3
6	0,8	0,8	Практически возможно	Высокая	0,64	2
7	1,0	1,0	Абсолютно достоверно	Очень высокая	1,0	1

Анализ и оценка интегрального риска связаны с проблемой получения информации о состоянии системы (Ч – Э – С). Если при идентификации воздействующих факторов имеются статистические данные, то задача оценки риска решается методами теории вероятностей (рис. 1). При отсутствии исходной информации возникает необходимость снятия неопределённости, касающейся в первую очередь человеческого фактора и среды. Задача такого рода может быть решена методом сценарного анализа [8], позволяющего проверить системные исследования с преимущественной ориентацией на количественные оценки сценарных моделей. В настоящее время не разработана целостная методология сценарных исследований, как и отсутствует четкое определение самого понятия «сценарий». В рамках данной работы, не претендуя на обобщённое определение, под сценарием будем понимать некую гипотетическую прогнозирующую модель, адекватную реальному объекту исследования [9, 10]. Основной целью сценарных исследований является представление объективной информации о техногенных рисках сельских электрических сетей как методической основы для разра-

ботки рекомендаций по обеспечению нормативного значения уровня безопасности.

Рассмотрим некоторую гипотетическую модель матрицы сценариев (табл.). Условно выделим 7 сценариев  $i=[1-7]$ .

Введём дискретную шкалу оценок качественных показателей, отражающих вероятность опасного события и его последствия. Будем считать, что каждому номеру сценария, заданного характеристикой  $[P_{ij}; Y_{ij}]$ , соответствует некоторая балльная оценка. Опишем эти сценарии.

*Первый сценарий.* Вероятность негативного события (НС)  $P_i=1$ , но ущерб, связанный с ним, практически равен нулю (или бесконечно мал). Отсюда следует, что защищаемый объект не подвергается риску (риск равен нулю).

*Второй сценарий.* Ущерб от возможной опасности велик (условно примем его за 1), но вероятность его возникновения равна нулю. Следовательно, опасность отсутствует (риск равен нулю).

*Третий сценарий.* Вероятность возникновения опасности и ущерб от нее равны нулю. Сценарий характеризуется нулевым значением риска (абсолютная безопасность).

Четвёртый, пятый, шестой и седьмой сценарии характеризуются тем, что вероятности опасностей и ущерба от них принимают конечные значения (при допущении, что для каждого сценария численные значения  $P_{ij}$  и  $Y_{ij}$  принимаются конечными).

Анализ данных таблицы позволяет установить рейтинг сценариев. Для количественной оценки интегрального риска  $R_{\Sigma}$  необходимо установить численные значения показателей  $[P_{ij}; Y_{ij}]$  и далее, используя многошаговую процедуру попарного сравнения этих показателей, при помощи матриц свёрток установить номер сценария с наименьшим значением интегрального риска.



Рис. 3. Алгоритм сценарного моделирования

Приведенный алгоритм позволяет реализовать рассмотренный сценарный метод (рис. 3).

### Вывод

В основе количественной оценки уровня техногенной опасности СЭС должен быть положен интегральный риск, выраженный в виде некоторого вектора, компонентами которого являются ущербы (потери) в денежном эквиваленте, вызванные перерывами электроснабжения, снижением качества электро-

энергии, возникновением пожаров, электротравм людей и электропатологии животных.

### Библиографический список

1. Махутов Н.А., Ахметханов Р.С., Земцов С.П., Овчинников В.В. Система оценки рисков при техническом регулировании. – М.: Изд-во ОВЛ, 2006. – 96 с.
2. Правила устройства электроустановок ПУЭ7: нормативно-технический сборник. – М.: Минэнерго, 2003.
3. Никольский О.К., Сошников А.А., Куликова Л.В. и др. Основы электромагнитной совместимости: учебник для вузов / под ред. Р.Н. Карякина. АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – Барнаул: ОАО «Алтайский полиграфический комбинат», 2007. – 480 с.
4. ГОСТ Р 50571.15-97. Электропроводки. (стандарт МЭК 364-5-52 (1993) «Электрические установки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Г. 52. Электропроводки»).
5. Алымов В.Т., Крапчатов В.П., Тарасова Н.П. Анализ техногенного риска. – М.: Круглый год, 2000. – 160 с.
6. Федеральный закон Российской Федерации о пожарной безопасности, № 230 – ФЗ от 18.10.2007.4. ВСН53-86(Р). Правила оценки физического износа жилых зданий. – М., Госгражданстрой, 1988.
7. Zadeh L. Fuzzy sets // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – P. 338-353.
8. Кульба В.В., Кононов Д.А. и др. Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем. – М.: СИНТЕГ, 2004. – 296 с.
9. ГОСТ Р 51905.5-2005. Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности.
10. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.

### References

1. Makhutov N.A., Akhmetkhanov R.S., Zemtsov S.P., Ovchinnikov V.V. Sistema otsenki riskov pri tekhnicheskome regulirovanii. – M.: IZD-VO OVL, 2006. – 96 s.
2. Pravila ustroistva elektroustanovok PUE 7. Normativno-tekhnicheskii sbornik. – M.: Minenergo, 2003.
3. Nikol'skii O.K., Soshnikov A.A., Kulikova L.V. i dr. Osnovy elektromagnitnoi sovmestimosti. Uchebnik dlya vuzov / pod red. R.N. Karyakina. AltGTU im. I.I. Polzunova. – Barnaul: OAO «Altaiskii poligraficheskii kombinat», 2007. – 480 s.
4. GOST R 50571.15-97. Elektroprovodki. (Standart MEK 364-5-52 1993) «Elektricheskie ustanovki zdanii. Chast' 5. Vybore i montazhe elektrooborudovaniya. Glava 52. Elektroprovodki»).

5. Alymov V.T., Krapchatov V.P., Tarasova N.P. Analiz tekhnogennogo riska. – M.: Kruglyi god, 2000. – 160 s.

6. Federal'nyi zakon Rossiiskoi Federatsii o pozharnoi bezopasnosti, № 230 – FZ ot 18.10.2007.4. VSN53-86(R). Pravila otsenki fizicheskogo iznosa zhilykh zdaniy. – M.: Gosgrazhdanstroi, 1988.

7. Zadeh L. Fuzzi sets // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – R. 338-353.

8. Kul'ba V.V., Kononov D.A. i dr. Metody formirovaniya stsensariyev razvitiya sotsial'no-ekonomicheskikh sistem. – M.: SINTEG, 2004. – 296 s.

9. GOST R 51905.5-2005. Menedzhment riska. Rukovodstvo po primeneniyu metodov analiza nadezhnosti.

10. Moiseev N.N. Matematicheskie zadachi sis-temnogo analiza. – M., Nauka, 1981. – 488 s.



УДК 634.3

О. Фирдавс, А.Т. Каримкулов, Р.Ш. Базарова  
O. Firdavs, A.T. Karimkulov, R.Sh. Bazarova

## ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАЗВИТИЮ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА В ЧЕРВОВОДНЕ ЗАМКНУТОГО ТИПА

### INNOVATIVE APPROACH TO SILKWORM REARING IN A SILKWORM NURSERY OF CLOSED TYPE

**Ключевые слова:** шелкопряд, кокон, тутовник, червоводня, корм, сушка, температура, сооружение, влажность, гусеница.

Одной из отраслей АПК Республики Узбекистан, наряду с хлопководством, является разведение тутового шелкопряда. Помимо выведения новых быстрорастущих сортов шелковицы (тута) – основного корма для гусениц шелкопряда, немаловажным является инкубация грены, выращивание молодняка, уход и кормление гусениц старших возрастов, от которых зависит урожайность кокона – конечного продукта шелководства. До настоящего времени в сельских районах Республики Узбекистан и в других республиках (Таджикистане, Азербайджане и др.) тутовый шелкопряд выращивают в надомных условиях, в которых не всегда удается получить высококачественные коконы. Вследствие нарушения режимов температуры и влажности взрослые гусеницы либо рано начинают вить коконы, либо погибают внутри коконов, загнивают, что снижает их качество. Поэтому основными условиями содержания шелкопряда во время коконовязивки являются: температура воздуха 24-25°C, влажность в выкормочном помещении 60-70% и освещённость – рассеянный, слабый свет. Все эти требования можно выдержать при централизованном разведении тутового шелкопряда. Существующие червоводни стационарного назначения громоздки, экономически малоэффективны и морально устарели. Нами предложен вариант применения пневматического

сооружения в качестве червоводни. Оно представляет собой двухслойную пневмонадувную оболочку из прорезиненной ткани, разделенную в подоболочечном пространстве на шесть секций поперечными гибкими шторами. Каждая секция предназначена для выкормки гусениц разных возрастов, начиная от инкубации грены до коконовязивки. Оснащены индивидуальными системами поддержания требуемых значений температуры, влажности и освещенности. Сооружение быстро возводимо, транспортабельно и мобильно. После окончания сезона выкормки и коконовязивки сооружение можно демонтировать и хранить в складских помещениях до следующего сезона. В этом аспекте применение пневматических сооружений в качестве централизованной червоводни экономически целесообразно для нескольких фермерских хозяйств.

**Keywords:** silkworm, silkworm cocoon, mulberry tree, silkworm nursery, feed, drying, temperature, structure, humidity, worm.

Alongside with cotton growing, sericulture is one of the agricultural industry branches of the Republic of Uzbekistan. In addition to developing new fast-growing mulberry tree varieties, the main feed for silkworms, incubation of silkworm eggs, rearing, care and feeding of older larvae is very important and determines the yield of silkworm cocoons. So far, in the rural areas of the Republic of Uzbekistan and other republics (Tajikistan, Azerbaijan and others.)