

DOI 10.35694/YARCX.2021.53.1.013



*Зерносмесь, ячмень,
семена вики, триер,
интенсивность,
качество*

*Grain mixture, barley,
vetch seeds, trieur,
intensity, quality*

ДИНАМИКА И КАЧЕСТВО ТРИЕРНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ВИКИ ИЗ ЯЧМЕНЯ

Н. П. Тишанинов (фото)

д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотр. лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве

А. В. Анашкин

канд. техн. наук, вед. науч. сотр. лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве

К. Н. Тишанинов

канд. техн. наук, ст. науч. сотр. лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве

Х. Д. Д. Альшинаиин

ведущий конструктор лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

За более чем столетнюю историю создания и использования триерных технологий разработчики и исследователи не уделяли достаточного внимания изучению динамики выделения примесных компонентов по длине ячеистой поверхности. Вместе с тем, от этой характеристики процесса зависят его эффективность и качество. Авторы исследований [1; 2; 3] расчётным путём пытались оценить динамику процесса триерной очистки зерносмесей по времени и длине ячеистой поверхности, но они не могли в своих расчётах учитывать специфические физические эффекты, обусловленные разнообразием физико-механических свойств компонентов зерносмесей и режимами работы триеров. Авторы работ [4; 5] исследовали возможности интенсификации процесса разделения зерносмесей ячеистыми поверхностями за счёт модернизации рабочих органов, но они не учитывали качество последовательных процессов в триерных блоках и потребность их сбалансирования. Н. А. Урханов в своих работах [6; 7; 8] детально исследовал условия захвата выделяемых из зерносмеси частиц ячеями и характера их взаимодействия при круговом движении (в поперечной плоскости триерного цилиндра). Установленная автором степень заполнения ячей частицами имеет высокую корреляцию с интенсивностью процесса, но для управления технологией нужны характеристики процесса по длине ячеистой поверхности. От них зависят качество очистки зерна и технологические потери. С созданием специального стендового оборудования [9; 10; 11] появилась возможность объективно оценивать динамику и качество процесса триерной очистки зерна [12; 13], но объём этих исследований ограничен по составам зерносмесей. Специфика примеси из се-

мян вики состоит в том, что зерновки вики имеют эллипсоидную форму и существенные линейные размеры относительно размеров ячеек кукольного цилиндра. Это создаёт предпосылки для изучения влияния эффекта динамического «выедания» примесных частиц из ячеек контактирующим слоем на эффективность и качество процесса, определяет актуальность исследований.

Материалы и методы

В работе использованы прибор для разделения зерносмесей и стенд для испытаний ячеистых поверхностей [10; 11], метод идентификации производительности триеров по результатам стендовых испытаний, решетный классификатор, электронные весы.

Результаты и обсуждения

Исследованиями физико-механических и гранулометрических свойств семян вики установлено: масса 1000 зерновок $m_{1000} = 58$ г; угол естественного откоса $\alpha = 30,4^\circ$; диапазон длин зерновок $l = 4,4-6,1$ мм; диапазон ширины зерновок $b = 4,4-5,7$ мм; диапазон толщины зерновок $h = 3,8-4,9$ мм. Средневзвешенные значения: $l = 5,2$ мм; $b = 5,1$ мм; $h = 4,4$ мм.

С учётом реальных возможностей выбора ячеистых поверхностей для эксперимента были выделены зерновки вики с линейными размерами $< 4,5$ мм с помощью стандартного решетного классификатора. При этом сохранялись условия исследований процесса триерного выделения из

зерносмеси примеси со специфическими свойствами: эллипсоидная форма; гладкая поверхность; линейные размеры, сопоставимые с размерами ячеек, когда частицы примеси при размещении в ячейках выступают за внутреннюю поверхность ячеистого цилиндра. Такое размещение семян вики в ячейках позволяет объективно оценить эффект их динамического «выедания» контактирующим слоем зерносмеси.

Динамика выделения семян вики из ячменя на минимальном угле подъёма верхней кромки передней стенки выводного лотка ($\gamma_n = 35^\circ$) и различных скоростных режимах работы показана на рисунке 1.

Из рисунка видно, что характер протекания процесса выделения семян вики в указанном выше факторном пространстве является идентичным в сравнении с другими примесями [14].

С ростом n величина выделенной массы $m_{i(1)}$ в 1-м интервале увеличивается в 6,3 раза. В последующих интервалах интенсивность выделения выравнивается. Отличительной особенностью являются условия ($n = 40$ об/мин, $\gamma_n = 35^\circ$), когда интенсивность выделения примеси не снижается во втором интервале, а в последующих интервалах убывает плавно в сравнении с более скоростными режимами работы триера.

На минимальном скоростном режиме ($n = 40$ об/мин) даже при $\gamma_n = 35^\circ$ стандартная длина ячеистой поверхности ($l = 2,2$ м) не обеспечивает достаточную степень выделения примесного компонента $C_{вст} = 72\%$. При такой интенсивности

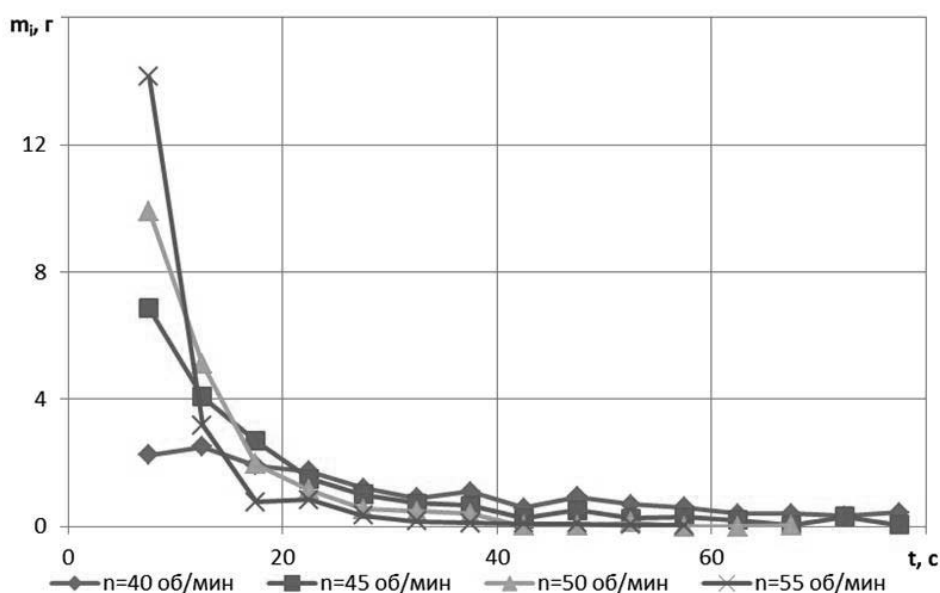


Рисунок 1 – Динамика выделения семян вики из ячменя в зависимости от скоростного режима работы (n) при $\gamma_n = 35^\circ$; $m_n = 1000$ г; $z_n = 2\%$; $t_u = 5$ с

процесса и исходной засорённости зерносмеси $Z_{\text{и}} = 2\%$ остаточная засорённость составляет $Z_{\text{ост}} = 0,56\%$ – неприемлемо высокий уровень.

Скоростной режим $n > 40$ об/мин при $\gamma_n = 35^\circ$ обеспечивает высокий уровень качества про-

цесса по показателям $C_{\text{вст}}$ и $Z_{\text{ост}}$. Однако с увеличением γ_n эти показатели резко падают. Результаты исследований процесса выделения зерновок вики из зерносмеси в зависимости от n и γ_n представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Взаимосвязь показателей качества процесса выделения зерновок вики из ячменя ($C_{\text{вст}}$ и $Z_{\text{ост}}$) с режимными и настроечными параметрами (n и γ_n) при $m_{\text{н}} = 1000$ г и $Z_{\text{и}} = 2\%$

№ п/п	Величина угла γ_n , град	Показатели качества процесса, %	Скоростной режим работы n , об/мин			
			40	45	50	55
1	35	$C_{\text{вст}}$	72	94,3	98,3	99,0
		$Z_{\text{ост}}$	0,56	0,114	0,035	0,02
2	45	$C_{\text{вст}}$	8,3	46,6	91,3	99,4
		$Z_{\text{ост}}$	1,83	1,069	0,174	0,012
3	55	$C_{\text{вст}}$	10,5	8,3	19,1	75
		$Z_{\text{ост}}$	1,979	1,834	1,618	0,5

Из таблицы 1 видно, что при $\gamma_n = 35^\circ$ на трёх скоростных режимах обеспечивается требуемый уровень качества процесса (при $n = 45, 50$ и 55 об/мин). Во втором варианте (при $\gamma_n = 45^\circ$) – только на двух скоростных режимах работы (при $n = 50$ и 55 об/мин), а в третьем варианте (при $\gamma_n = 55^\circ$) ни один скоростной режим не обеспечивает требуемый уровень качества процесса.

Это объясняется тем, что размерные характеристики семян вики исключают их устойчивое размещение в ячейх кукольного цилиндра, достаточное для увеличения угла выброса. Кроме того,

выступающие объёмы семян вики из ячеек (за внутреннюю поверхность ячеистого цилиндра) усиливают эффект их динамического «выедания» контактирующим слоем основной культуры. Поэтому большая часть факела выброса семян вики (80,9–99%) на скоростных режимах работы $n = 40$ – 50 об/мин находится ниже кромки выводного лотка с углом $\gamma_n = 55^\circ$.

Контраст динамики выделения семян вики из зерносмеси может быть представлен результатами выделения в первых интервалах времени замеров ($t_u = 5$ с), рисунок 2.

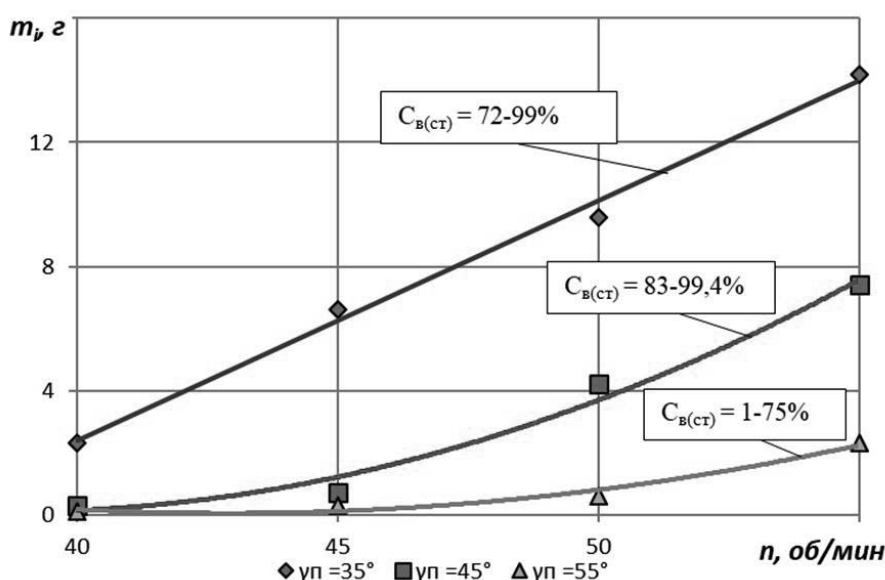


Рисунок 2 – Зависимость интенсивности выделения семян вики из ячменя в 1-м интервале времени замеров ($t_u = 5$ с) от n при различных γ_n ($m_{\text{н}} = 1000$ г; $Z_{\text{и}} = 2\%$)

В визуальной форме распределение выделенных масс семян вики из ячменя за первые пять интервалов времени ($t_v = 5$ с) представлено на рисунке 3. В пяти мерных ёмкостях при $n = 55$

об/мин и $\gamma_n = 35^\circ$ оказалось 96,4% выделенной примеси, что подтверждает неустойчивое размещение зерновок вики в ячеях, предопределяющее ранний выброс.



Рисунок 3 – Распределение выделенных масс семян вики (m_v) из ячменя в первых пяти интервалах времени ($t_v = 5$ с) при $n = 55$ об/мин и $\gamma_n = 35^\circ$ ($Z_n = 2\%$, $m_n = 1000$ г)

Выброс зерновок основной культуры в выводной лоток, определяющий уровень технологических потерь, также является следствием случайного захвата зерновок и их неустойчивого размещения в ячеях. Взаимосвязи технологических потерь на стандартной длине ячеистой поверхности ($P_{ст}$) с n и γ_n представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видны общие закономерности динамики технологических потерь – их рост с увеличением скоростного режима и их снижение с ростом γ_n . Однако наибольший рост технологических потерь (пятикратный) получен при $\gamma_n = 45^\circ$, что противоречит логике протекания процесса и подтверждает случайный характер захвата

Таблица 2 – Взаимосвязь технологических потерь ($P_{ст}$) при выделении семян вики из ячменя со скоростными режимами работы (n) и настроечными параметрами (γ_n) в условиях: $m_n = 1000$ г; $Z_n = 2\%$

№ п/п	Величина угла γ_n , град	Показатели технологических потерь на $l_{ст}$	Скоростной режим работы (n), об/мин			
			40	45	50	55
1	35	$P_{ст}$ шт.	14	17	23	59
		$P_{ст}$ %	0,072	0,087	0,118	0,303
2	45	$P_{ст}$ шт.	12	11	30	60
		$P_{ст}$ %	0,062	0,056	0,154	0,308
3	55	$P_{ст}$ шт.	8	15	12	21
		$P_{ст}$ %	0,041	0,077	0,062	0,108

ячеями зерновок основной культуры и их выброса в выводной лоток. Величина технологических потерь при $\gamma_n = 55^\circ$ подтверждает общую логику протекания процесса – она вдвое ниже.

Выводы

Линейные размеры и форма семян вики предопределяет случайный характер интенсивности их выделения из ячменя и неустойчивость взаимосвязей величин технологических потерь

с режимами работы и настроечными параметрами. Причинами указанных взаимосвязей являются условия размещения семян вики в ячеях и высокая степень влияния на процесс эффекта их динамического «выедания». Динамика выделения примесных частиц из ячменя лавиноподобная – с ростом скоростного режима работы триера выделенная масса примеси в 1-м интервале времени измерений увеличивается многократно.

Литература

1. Летошнев, М. Н. Сельскохозяйственные машины: теория, расчет, проектирование и испытание / М. Н. Летошнев. – Москва ; Ленинград : Сельхозгиз, 1955. – 856 с. – Текст : непосредственный.
2. Мироненко, Д. Н. Исследование работы фрикционного триерного цилиндра / Д. Н. Мироненко. – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2009. – № 2 (21). – С. 45–48. – ISSN 2071-2243.
3. Мироненко, Д. Н. Совершенствование процесса выделения трудновыделимых примесей и биологически неполноценных зерновок при обработке зернового вороха пшеницы : специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки) : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Мироненко Денис Николаевич ; ФГОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки». – Воронеж, 2010. – 136 с. – Текст : непосредственный.
4. Кузьмин, М. В. Триер с эластичной поверхностью / М. В. Кузьмин, М. В. Туаев. – Текст : непосредственный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1972. – № 8. – С. 8–10. – ISSN 0206-572X.
5. Туаев, М. В. Теория и синтез триерных машин с гибкими рабочими органами : специальность 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства»; 05.20.04 «Сельскохозяйственные и гидро-мелиоративные машины» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Туаев Мурат Викторович ; АОТ «ВИСХОМ». – Москва, 1995. – 430 с. – Текст : непосредственный.
6. Урханов, Н. А. Исследование технологического процесса работы цилиндрического триера с целью повышения производительности и качества разделения смеси : специальность 05.20.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Урханов Николай Алагуевич ; Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. Объедин. учен. совет Всесоюз. науч.-исслед. ин-та механизации сел. хоз-ва и Всесоюз. науч.-исслед. ин-та электрификации сел. хоз-ва. – Москва, 1967. – 176 с. : ил. – Текст : непосредственный.
7. Урханов, Н. А. Исследование процессов западания и выпадения зерен на цилиндрических триерах / Н. А. Урханов. – Текст : непосредственный // Сборник научных трудов ВИМ. – Москва, 1967. – Т. 43. – С. 175–184.
8. Урханов, Н. А. Исследование условия западания зерна в ячейку цилиндрического триера / Н. А. Урханов, В. Н. Урханов, С. П. Бужгеев. – Текст : непосредственный // Сборник научных трудов / Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления (ВСГТУ). – Улан-Удэ, 1996. – С. 97–103.
9. Патент № 2616201 Российская Федерация, МПК В07В 13/02 (2006.01). Стенд для испытаний ячеистых поверхностей : № 2016108182 : заявл. 09.03.2016 : опубликовано 13.04.2017, Бюл. № 11 / Тишанинов Н. П., Анашкин А. В. ; патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. – Текст : непосредственный.
10. Патент № 2647526 Российская Федерация, МПК В07В 13/02 (2006.01), А01F 12/44 (2006.01). Прибор для выделения примесей из зерносмесей : № 2017114302 : заявл. 24.04.2017 : опубликовано 16.03.2018, Бюл. № 8 / Тишанинов Н. П., Анашкин А. В. ; патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. – Текст : непосредственный.
11. Тишанинов Н. П. Модернизированный прибор для выделения примесей из зерносмесей – «ТИАН-1» / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин. – Текст : непосредственный // Сельский механизатор. – 2019. – № 1. – С. 4–5. – ISSN 0131-7393.
12. Тишанинов Н. П. Интенсивность выделения зерновок основной культуры из зерносмесей с длинными примесями / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин. – Текст : непосредственный // Вестник АПК Верхневолжья. – 2019. – № 3 (47). – С. 74–77. – ISSN 1998-1635.
13. Анашкин А. В. Результаты экспериментальных исследований динамики выделения коротких примесей ячеистой поверхностью / А. В. Анашкин. – Текст : непосредственный // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства : Сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции (23-24 сентября 2015 г.). – Тамбов : Изд-во Першина Р.В., 2015. – С. 92–96.

References

1. Letoshnev, M. N. Sel'skhozjajstvennyye mashiny: teorija, raschet, proektirovanie i ispytanie / M. N. Letoshnev. – Moskva ; Leningrad : Sel'hozgiz, 1955. – 856 s. – Tekst : neposredstvennyj.
2. Mironenko, D. N. Issledovanie raboty frikcionnogo triernogo cilindra / D. N. Mironenko. – Tekst : neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – № 2 (21). – S. 45–48. – ISSN 2071-2243.

3. Mironenko, D. N. Sovershenstvovanie processa vydelenija trudnovydelymyh primesej i biologicheski nepolnocennyh zernovok pri obrabotke zernovogo voroha pshenicy : special'nost' 05.20.01 «Tehnologii i sredstva mehanizacii sel'skogo hozjajstva (tehnicheskie nauki) : dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk / Mironenko Denis Nikolaevich ; FGOU VPO «Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. K.D. Glinki». – Voronezh, 2010. – 136 s. – Tekst : neposredstvennyj.
4. Kuz'min, M. V. Trier s jelastichnoj poverhnost'ju / M. V. Kuz'min, M. V. Tuaeov. – Tekst : neposredstvennyj // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. – 1972. – № 8. – S. 8–10. – ISSN 0206-572X.
5. Tuaeov, M. V. Teorija i sintez triernyh mashin s gibkimi rabochimi organami : special'nost' 05.20.01 «Mehanizacija sel'skohozjajstvennogo proizvodstva»; 05.20.04 «Sel'skohozjajstvennye i gidromeliorativnye mashiny» : dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehniceskikh nauk / Tuaeov Murat Viktorovich ; AOOT «VISHOM». – Moskva, 1995. – 430 s. – Tekst : neposredstvennyj.
6. Urkhanov, N. A. Issledovanie tehnologicheskogo processa raboty cilindricheskogo triera s cel'ju povysenija proizvoditel'nosti i kachestva razdelenija smesi : special'nost' 05.20.01 : dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk / Urkhanov Nikolaj Alaguevich ; Vsesojuz. akad. s.-h. nauk im. V. I. Lenina. Ob#edin. uchen. sovet Vsesojuz. nauch.-issled. in-ta mehanizacii sel. hoz-va i Vsesojuz. nauch.-issled. in-ta jelektrifikacii sel. hoz-va. – Moskva, 1967. – 176 s. : il. – Tekst : neposredstvennyj.
7. Urkhanov, N. A. Issledovanie processov zapadanija i vypadenija zeren na cilindricheskikh trierah / N. A. Urkhanov. – Tekst : neposredstvennyj // Sbornik nauchnyh trudov VIM. – Moskva, 1967. – T. 43. – S. 175–184.
8. Urkhanov, N. A. Issledovanie uslovija zapadanija zerna v jachejku cilindricheskogo triera / N. A. Urkhanov, V. N. Urkhanov, S. P. Buzhgeev. – Tekst : neposredstvennyj // Sbornik nauchnyh trudov / Vostochno-Sibirskij gosudarstvennyj universitet tehnologii i upravlenija (VSGTU). – Ulan-Udje, 1996. – S. 97–103.
9. Patent № 2616201 Rossijskaja Federacija, MPK V07V 13/02 (2006.01). Stend dlja ispytanij jacheistyh poverhnostej : № 2016108182 : zajavl. 09.03.2016 : opublikovano 13.04.2017, Bjul. № 11 / Tishaninov N. P., Anashkin A. V. ; patentoobladatel' FGBNU VNIITiN. – Tekst : neposredstvennyj.
10. Patent № 2647526 Rossijskaja Federacija, MPK B07B 13/02 (2006.01), A01F 12/44 (2006.01). Pribor dlja vydelenija primesej iz zernosmesej : № 2017114302 : zajavl. 24.04.2017 : opublikovano 16.03.2018, Bjul. № 8 / Tishaninov N. P., Anashkin A. V. ; patentoobladatel' FGBNU VNIITiN. – Tekst : neposredstvennyj.
11. Tishaninov N. P. Modernizirovannyj pribor dlja vydelenija primesej iz zernosmesej – «TIAN-1» / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin. – Tekst : neposredstvennyj // Sel'skij mehanizator. – 2019. – № 1. – S. 4–5. – ISSN 0131-7393.
12. Tishaninov N. P. Intensivnost' vydelenija zernovok osnovnoj kul'tury iz zernosmesej s dljnymi primesjami / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin. – Tekst : neposredstvennyj // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. – 2019. – № 3 (47). – S. 74–77. – ISSN 1998-1635.
13. Anashkin A. V. Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovanij dinamiki vydelenija korotkih primesej jacheistoj poverhnost'ju / A. V. Anashkin. – Tekst : neposredstvennyj // Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija resursov pri proizvodstve sel'skohozjajstvennoj produkcii – novye tehnologii i tehnika novogo pokolenija dlja rastenievodstva i zhivotnovodstva : Sbornik trudov XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (23-24 sentjabrja 2015 g). – Tambov : Izd-vo Pershina R.V., 2015. – S. 92–96