

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЫЖИКОВО-МАСЛЯНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

INVESTIGATIONS OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF CAMELINA OIL MIXTURES FOR HYDRAULIC SYSTEMS OF AGRICULTURAL MACHINERY

Ф.Ф. ЗАРДИНОВ
Ф.Ф. ЗАРДИНОВА
А.Л. ХОХЛОВ, к.т.н.,
А.А. ГЛУЩЕНКО, к.т.н.
И.Р. САЛАХУТДИНОВ, к.т.н.

Ульяновский государственный аграрный университет
имени П.А. Столыпина, Ульяновск, Россия,
faina-solnce@rambler.ru

F.F. ZARTDINOV
F.F. ZARTDINOVA
A.L. KHOKHLOV, PhD in Engineering
A.A. GLUSHCHENKO, PhD in Engineering
I.R. SALAKHUTDINOV, PhD in Engineering

Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin,
Ulyanovsk, Russia, faina-solnce@rambler.ru

В статье рассматривается использование альтернативных минеральным и синтетическим нефтепродуктам масел растительного происхождения в качестве рабочей жидкости для гидравлических систем сельскохозяйственной техники. При выборе растительного масла использование рыжикового масла как более доступного и экономически дешевого сырья является наиболее целесообразным. К основным недостаткам растительных масел следует отнести низкую термоокислительную стабильность и неудовлетворительные низкотемпературные свойства. Поэтому использование растительных масел в гидросистемах возможно только в виде смесей с минеральным маслом. С целью изучения возможности использования растительно-минерального масла в качестве рабочей жидкости для гидросистем сельскохозяйственной техники были проведены лабораторные исследования физических свойств рыжиково-масляных смесей. Исследования включали в себя определение зависимости кинематической вязкости и плотности рыжиково-масляных смесей от температуры и проводились в различных пропорциях минерального гидравлического масла ВМГЗ (ГМ) и рыжикового масла (РыжМ): 100 % ГМ; 90 % ГМ – 10 % РыжМ; 75 % ГМ – 25 % РыжМ; 50 % ГМ – 50 % РыжМ; 25 % ГМ – 75 % РыжМ; 10 % ГМ – 90 % РыжМ; 100 % РыжМ. Определение физических свойств рыжиково-масляных смесей проводилось на криотермостате вискозиметрическом LOIPLT-912 с помощью ареометра АНТ-2 и капиллярных вискозиметров ВПЖ-4, ВПЖ-2 в соответствии с ГОСТ Р ИСО 3675-2007 и ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94), соответственно. По полученным результатам выявлено, что рыжиково-масляные смеси с соотношением 90 % ГМ – 10 % РыжМ и 75 % ГМ – 25 % РыжМ по вязкостно-температурным свойствам и плотности могут быть использованы как заменители товарного минерального гидравлического масла ВМГЗ. Результаты проведенных лабораторных исследований позволяют отобразить динамику изменения вязкостно-температурных и плотностных свойств рыжиково-масляных смесей различных концентраций.

Ключевые слова: растительное масло, кинематическая вязкость, плотность, рыжиково-масляная смесь, гидравлическая система.

The article considers the use of oils of vegetable origin alternative to mineral and synthetic oil products as a working fluid for hydraulic systems of agricultural machinery. When choosing vegetable oil, the use of camelina oil as a more affordable and economically cheap raw material is most appropriate. The main disadvantages of vegetable oils include low thermal and oxidative stability and unsatisfactory low-temperature properties. Therefore, the use of vegetable oils in hydraulic systems is possible only in the form of mixtures with mineral oil. To study the possibility of using vegetable-mineral oil as a working fluid for hydraulic systems of agricultural machinery, laboratory studies of the physical properties of camelina oil mixtures were carried out. The studies included the determination of the relationship between the kinematic viscosity and the density of the camelina oil mixtures from the temperature and were carried out in various proportions of the mineral hydraulic oil – multigrade oil hydraulic thickened (hydraulic oil – GM) and camelina oil (RyzhM) – 100 % GM, 90 % GM – 10 % RyzhM, 75 % GM – 25 % RyzhM, 50 % GM – 50 % RyzhM, 25 % GM – 75 % RyzhM, 10 % GM – 90 % RyzhM, 100 % RyzhM. Determination of the physical properties of the camelina oil mixtures was carried out on a cryo-thermostat with viscosimetric LOIPLT-912, using an ANT-2 hydrometer and capillary viscosimeter VPZh-4, VPZh-2 in accordance with GOST R ISO 3675-2007 and GOST 33-2000 (ISO 3104-94) respectively. Based on the results obtained, it was found that red-and-oil mixtures with a ratio 90 % GM – 10 % RyzhM и 75 % GM – 25 % RyzhM according to viscosity-temperature properties and density can be used as substitutes for merchant mineral hydraulic oil GM. The results of the laboratory tests allow us to display the dynamics of the change in viscosity-temperature and density properties of red-and-oil mixtures of various concentrations.

Keywords: vegetable oil, kinematic viscosity, density, camelina oil mixture, hydraulic system.

Введение

В связи с неуклонным ухудшением экологической обстановки, ростом цен на нефтепродукты и постоянным увеличением спроса на минеральные смазочные материалы в промышленности во всем мире резко возрос интерес к практическому использованию продуктов растительного происхождения, в частности масел и смазок. Модификация минерального масла путем добавления непищевых растительных масел может свести к минимуму использование минерального масла в качестве смазки [1–8].

В последнее время наибольшее распространение получают растительные масла – рапсовое, пальмовое, подсолнечное, арахисовое и соевое. Однако использование рыжикового масла как более доступного и экономически дешевого сырья является наиболее целесообразным [1, 7].

Растительные масла имеют высокий индекс вязкости, высокую смазывающую способность, низкую токсичность и высокую биоразлагаемость. С точки зрения экономики растительное масло является более рентабельным по сравнению с минеральным маслом, однако недостатки растительных масел включают плохое окисление, гидролитическую стабильность и низкотемпературные свойства. Поэтому использование растительных масел в гидросистемах возможно только в виде смесей с минеральным маслом. Полученные при этом смеси имеют физико-химические и эксплуатационные свойства, близкие к свойствам минеральных гидравлических масел [2–5].

Цель исследования

Целью исследования является исследование физических свойств рыжиково-масляных смесей для гидравлических систем сельскохозяйственной техники

Методы и результаты исследования

Для установления соответствия показателей растительно-минерального масла товарному гидравлическому по вязкостно-температурным свойствам и плотности были проведены исследования на криотермостате вискозиметрическом LOIPLT-912 (рис. 1). Выбор рабочей жидкости осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТ 33-2000: при температуре от $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ использовали технический этиловый спирт, от $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ – дистил-

лированную воду, а от $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ – водно-глицериновую смесь. Для исследований были приготовлены следующие пропорции минерального гидравлического масла ВМГЗ (ГМ) и рыжикового масла (РыжМ): 100 % ГМ; 90 % ГМ – 10 % РыжМ; 75 % ГМ – 25 % РыжМ; 50 % ГМ – 50 % РыжМ; 25 % ГМ – 75 % РыжМ; 10 % ГМ – 90 % РыжМ; 100 % РыжМ.

Определение плотности смесей проводили с помощью ареометра АНТ-2 (ГОСТ 18481-81) различных диапазонов измерения в соответствии с ГОСТ Р ИСО 3675-2007 (рис. 2).

Мерный цилиндр наполняли исследуемой смесью и помещали в криотермостат. При установлении в цилиндре заданной температуры опускали ареометр. После того как прекратятся колебания ареометра, производили отсчет плотности по верхнему краю мениска с точностью до единицы. В табл. 1 представлены результаты исследования плотности чистых исследуемых масел и их смесей в различных пропорциях.

Из вышеприведенных данных видно, что плотность рыжиково-масляных смесей с соотношением 90 % ГМ – 10 % РыжМ и 75 % ГМ – 25 % РыжМ при температуре $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответствует минеральному гидравлическому маслу. Смеси составов 50 % ГМ – 50 % РыжМ, 25 % ГМ – 75 % РыжМ и 10 % ГМ – 90 % РыжМ

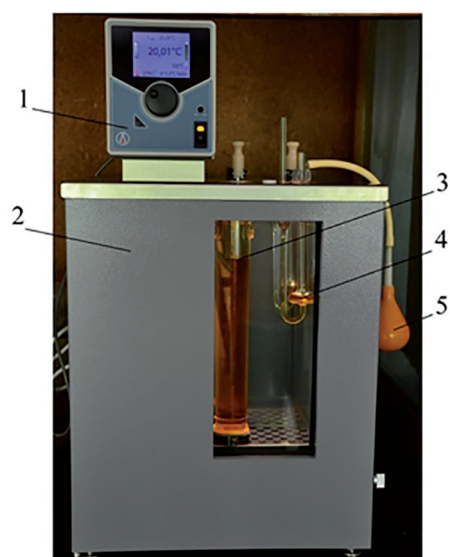


Рис. 1. Оборудование для определения плотности и вязкости:

- 1 – модуль терморегулирования криотермостата;
- 2 – модуль охлаждения криотермостата; 3 – прибор для определения плотности; 4 – капиллярный вискозиметр; 5 – груша

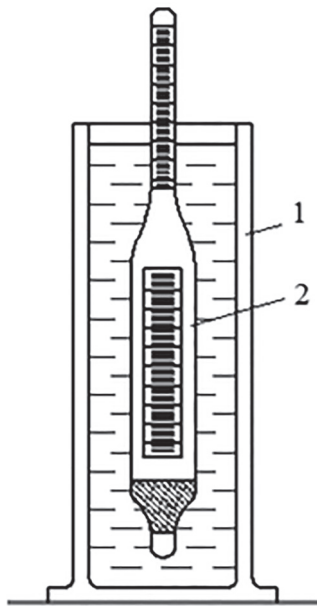


Рис. 2. Прибор для определения плотности:
1 – мерный цилиндр; 2 – ареометр

превосходят плотность минерального гидравлического масла соответственно на 25 кг/м³, 44 кг/м³ и 55 кг/м³. Плотность рыжикового масла превышает значение минерального гидравлического масла на 66 кг/м³.

Определение кинематической вязкости проводили с помощью капиллярных вискозиметров в соответствии с ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) (рис. 3) [6].

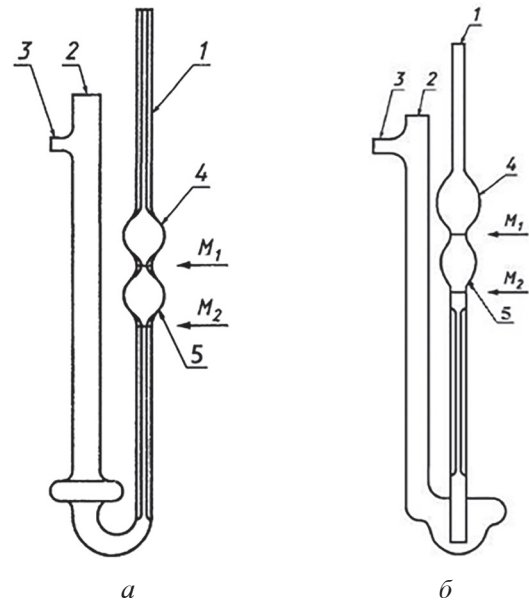


Рис. 3. Капиллярные вискозиметры:
а – ВПЖ-4; б – ВПЖ-2; 1, 2 – колено;
3 – отводная трубка; 4, 5 – расширения;
M₁ – верхняя метка; M₂ – нижняя метка

Вискозиметр наполняли исследуемой смесью: надев на отводную трубку 3 грушу и, перевернув вискозиметр, зажимали колено 2, затем опускали колено 1 в тигель со смесью, создав разрежение грушей, заполняли вискозиметр. Наполнив вискозиметр до метки M₁, переворачивали, направив открытые концы его колен вверх. Затем снимали грушу и надевали

Таблица 1

Плотность минерального гидравлического масла, рыжикового масла и рыжиково-масляных смесей

Показатель	Плотность исследуемых масел, кг/м ³						
	100% ГМ	90% ГМ -10% РыжМ	75% ГМ -25% РыжМ	50% ГМ -50% РыжМ	25% ГМ -75% РыжМ	10% ГМ -90% РыжМ	100% РыжМ
-40°C	894	900	910	923	945	956	958
-20°C	880	886	896	911	931	942	946
-10°C	873	879	889	905	924	935	940
-5°C	870	875	886	902	921	932	938
0°C	865	870	883	898	916	927	934
10°C	861	862	876	888	909	920	927
20°C	855	855	870	882	904	915	923
30°C	849	849	863	876	895	906	916
40°C	844	843	857	869	888	899	910
50°C	837	836	850	863	881	892	903
60°C	830	830	845	856	874	885	896
70°C	823	827	839	854	870	881	888
80°C	816	822	833	848	864	875	881
100°C	800	808	819	834	850	861	867

ее на колено 1. При достижении рабочей жидкости криотермостата заданной температуры погружали вискозиметр в криотермостат и выдерживали его 10–15 мин. Не вынимая вискозиметр, медленно закачивали смесь в расширения 5 и 4 до 1/3 высоты расширения 4. Прекратив закачивание, снимали грушу с колена 1 и определяли время перемещения уровня смеси от метки M_1 до метки M_2 . Опыт проводили на одной пропорции 3 раза.

Вычисляли кинематическую вязкость ν по формуле:

$$\nu = C t,$$

где C – постоянная вискозиметра $\text{мм}^2/\text{с}^2$; t – среднее арифметическое значение времени истечения, с.

В табл. 2 представлены результаты исследования кинематической вязкости чистых исследуемых масел и их смесей в различных пропорциях.

Из вышеприведенных данных видно, что кинематическая вязкость рыжиково-масляных смесей с соотношением 90 % ГМ – 10 % РыжМ и 75 % ГМ – 25 % РыжМ при температуре 40 °С близка к значению минерального гидравлического масла. Смесей составов 50 % ГМ – 50 % РыжМ, 25 % ГМ – 75 % РыжМ, 10 % ГМ – 90 % РыжМ превосходят значение минерального гидравлического масла

соответственно на 5,063 $\text{мм}^2/\text{с}$, 8,432 $\text{мм}^2/\text{с}$, 12,042 $\text{мм}^2/\text{с}$. Вязкость рыжикового масла превышает значение минерального гидравлического масла на 14,102 $\text{мм}^2/\text{с}$.

Выводы

Результаты проведенных лабораторных исследований позволяют отобразить динамику изменения вязкостно-температурных и плотностных свойств рыжиково-масляных смесей различных концентраций. Основываясь на результатах исследований, можно сделать выводы, что рыжиково-масляные смеси с соотношением 90 % ГМ – 10 % РыжМ и 75 % ГМ – 25 % РыжМ по вязкостно-температурным свойствам и плотности могут быть использованы как заменители товарного минерального гидравлического масла ВМГЗ.

Литература

1. Зартдинов Ф.Ф., Зартдинова Ф.Ф., Гузьев А.А., Хохлов А.Л., Глушенко А.А. Анализ условий долговечности гидросистем сельскохозяйственной техники // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». Ульяновск: УГСХА, 2017. С. 101–106.
2. Зартдинов Ф.Ф., Зартдинова Ф.Ф., Хохлов А.А., Хохлов А.Л., Марьян Д.М. Перспективы исполь-

Таблица 2

Вязкость минерального гидравлического масла, рыжикового масла и рыжиково-масляных смесей

Показатель	Кинематическая вязкость исследуемых масел, $\text{мм}^2/\text{с}$						
	100% ГМ	90% ГМ -10% РыжМ	75% ГМ -25% РыжМ	50% ГМ -50% РыжМ	25% ГМ-75% РыжМ	10% ГМ -90% РыжМ	100% РыжМ
-40°C	1503,831	1531,215	1607,841	1898,881	2375,971	2948,947	3992,264
-20°C	821,766	827,684	846,323	940,040	1120,741	1352,728	1798,317
-10°C	236,744	237,159	238,401	241,036	269,409	314,588	408,254
-5°C	141,175	142,045	143,235	148,585	168,924	216,763	233,708
0°C	100,676	102,236	103,436	110,156	125,725	158,682	142,285
10°C	59,72	64,306	66,877	68,276	69,417	78,897	78,627
20°C	36,308	38,718	41,337	45,407	51,737	50,518	49,798
30°C	23,599	25,188	27,228	30,298	34,838	39,968	33,658
40°C	16,316	17,409	18,949	21,379	24,748	28,358	30,418
50°C	11,86	12,619	13,859	15,659	18,349	20,949	22,459
60°C	8,986	9,529	10,489	11,969	14,129	16,089	17,209
70°C	7,32	7,632	8,397	9,66	11,277	12,735	13,209
80°C	5,871	6,129	6,732	7,782	9,135	10,263	11,239
100°C	3,921	4,253	4,458	5,092	6,102	7,010	7,743

зования рыжикового масла в гидравлических системах // *Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения»*. Ульяновск: УГСХА, 2017. С. 107–111.

3. Зартдинов Ф.Ф., Зартдинова Ф.Ф., Хохлов А.Л., Глущенко А.А., Салахутдинов И.Р. Технология диагностирования технического состояния агрегатов гидросистем // *Международный конкурс научно-исследовательских работ «Перспективы Науки – 2016»*. Казань: «Рокета Союз», 2016. С. 159–162.
4. Зартдинов Ф.Ф., Зартдинова Ф.Ф., Хохлов А.Л., Глущенко А.А., Салахутдинов И.Р. Результаты исследований рабочей жидкости для гидравлических систем на основе рыжикового масла // *Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА, «Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России»*. Пенза: РОИ ПГСХА, 2016. Т. II. С. 82–84.
5. Зартдинов Ф.Ф., Зартдинова Ф.Ф., Долгов С.А., Хохлов А.Л. Диагностирование технического состояния гидросистем сельскохозяйственной техники на предлагаемой установке // *Аннотация проектов «Пятый Международный Молодежный инновационный форум»*. Ульяновск: УЛГТУ, 2016. С. 196–199.
6. Зартдинов Ф.Ф., Зартдинова Ф.Ф., Глущенко А.А., Хохлов А.Л. Определение свойств вязкости и плотности рыжиково-масляных смесей для гидравлических систем // *Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Инновационные технологии и технические средства для АПК»*. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. Ч III. С. 47–50.
7. Зартдинов Ф.Ф., Зартдинова Ф.Ф., Хохлов А.Л., Глущенко А.А., Салахутдинов И.Р. Research camelina-oil mixture for use in hydraulic systems // *2nd International Conference «Science and practice: a new level of integration In the modern world»*. Scope Academic House B&M Publishingc, 2016. С. 157–159.
8. Зартдинов Ф.Ф., Зартдинова Ф.Ф., Хохлов А.Л., Салахутдинов И.Р., Глущенко А.А. Классификация методов диагностирования гидравлических систем // *Материалы VII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения»*. Ульяновск, 2016. Том II. С. 47–52.

References

1. Zartdinov F.F., Zartdinova F.F., Guzyaev A.A., Khokhlov A.L., Glushchenko A.A. Analysis of the durability conditions of hydraulic systems of agricultural machinery. *Materials VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya»* [Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference «Agrarian science and education at the present stage of development: experience, problems and ways of solving them»]. Ul'yanovsk: UGSKhA Publ., 2017, pp. 101–106 (in Russ.).
2. Zartdinov F.F., Zartdinova F.F., Khokhlov A.A., Khokhlov A.L., Mar'in D.M. Prospects for using camelina oil in hydraulic systems. *Materials VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya»* [Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference «Agrarian science and education at the present stage of development: experience, problems and ways of solving them»]. Ul'yanovsk: UGSKhA Publ., 2017, pp. 107–111 (in Russ.).
3. Zartdinov F.F., Zartdinova F.F., Khokhlov A.L., Glushchenko A.A., Salakhutdinov I.R. The technology of diagnosing the technical condition of aggregates of hydraulic systems. *Mezhdunarodnyy konkurs nauchno-issledovatel'skikh rabot «Perspektivy Nauki – 2016»* [International competition of scientific research «Perspectives of Science – 2016»]. Kazan': «Ryketa Soyuz» Publ., 2016, pp. 159–162 (in Russ.).
4. Zartdinov F.F., Zartdinova F.F., Khokhlov A.L., Glushchenko A.A., Salakhutdinov I.R. Results of research of a working liquid for hydraulic systems on the basis of camelina-oil. *Materials mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy 65-letiyu FGBOU VO Penzenskaya GSKhA «Vklad molodykh uchenykh v innovatsionnoe razvitie APK Rossii»* [Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists dedicated to the 65th anniversary of the FGBOU VO Penza State Agricultural Academy «The Contribution of Young Scientists to the Innovation Development of the Agroindustrial Complex of Russia»]. Penza: ROI PGSKhA Publ., 2016. Vol. II, pp. 82–84 (in Russ.).
5. Zartdinov F.F., Zartdinova F.F., Dolgov S.A., Khokhlov A.L. Diagnosis of technical condition of hydraulic systems of agricultural machinery on the proposed installation. *Annotatsiya proektov «Pyatyy Mezhdunarodnyy Molodezhnyy innovat-*

- sionny forum» [Abstract of the projects «The Fifth International Youth Innovation Forum»]. Ul'yanovsk: UIGTU Publ., 2016, pp. 196–199 (in Russ.).
6. Zartdinov F.F., Zartdinova F.F., Glushchenko A.A., Khokhlov A.L. Determination of viscosity and density properties of camelina oil mixtures for hydraulic systems. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov «Innovatsionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya APK» [Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists «Innovative Technologies and Technical Means for the Agroindustrial Complex»]. Voronezh: FGBOU VO Voronezhskiy GAU Publ., 2016. Ch. III, pp. 47–50 (in Russ.).
 7. Zartdinov F.F., Zartdinova F.F., Khokhlov A.L., Glushchenko A.A., Salakhutdinov I.R. Research camelina-oil mixture for use in hydraulic systems. 2nd International Conference «Science and practice: a new level of integration In the modern world». Scope Academic House B&M Publishings, 2016, pp. 157–159 (in Russ.).
 8. Zartdinov F.F., Zartdinova F.F., Khokhlov A.L., Salakhutdinov I.R., Glushchenko A.A. Classification of methods for diagnosing hydraulic systems. Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya» [Materials of the VII International Scientific and Practical Conference «Agrarian science and education at the present stage of development: experience, problems and ways of solving them»]. Ul'yanovsk, 2016. Vol. II, pp. 47–52 (in Russ.).