



17. Dul'sky E.Yu., Khudonogov A.M., Lytkina E.M. Vliyanie khimicheskikh svoystv polimerov i rezhimov IK-energopodvoda na prochnost' i plastichnost' izolyatsii v lokal'nykh tekhnologiyakh prodleniya resursa elektricheskikh mashin tyagovogo podvizhnogo sostava [Influence of the chemical properties of polymers and IR power supply modes on the strength and plasticity of insulation in local technologies of extending the service life of electric machines of traction rolling stock]. *Izvestiya Transsiba [News of Transsib]*. Omsk : Omsk State Transport Un-ty Publ., 2015. No. 1 (21), pp. 6-11.

18. Lobyt'sin I.O., Khudonogov A.M., Dul'sky E.Yu., Tyumentsev A.V. Razrabotka i issledovanie ustanovki dlya sushki izolyatsionnykh pal'tsev kronshteynov shchetkoderzhatelei [Development and research of the installation for drying the insulating fingers of the brush holder brackets]. *Nauka i molodezh': sbornik trudov Chetvertoi Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh [Science and Youth: Collected papers of the Fourth All-Russian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists]*. Irkutsk : IrGUPS Publ., 2018, pp. 123 - 127.

19. Mel'nichenko O.V. Matematicheskoe modelirovanie vypryamitel'no-invertornogo preobrazovatelya elektrovoza v avariinnykh rezhimakh s tipovym i predlagayemym sposobami upravleniya [Mathematical modeling of a rectifier-inverter converter of an electric locomotive in emergency conditions with standard and proposed control methods]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie [Modern technologies. System analysis. Modeling]*, 4 (40), 2013, pp. 229–233.

20. Dul'sky E.Yu., Kargapol'tsev S.K. Kapsulirovanie elektroizolyatsii iz polimernykh materialov tyagovykh elektrodvigatelye pri vozdeystvii infrakrasnogo izlucheniya [Encapsulation of electrical insulation from polymer materials of traction motors when exposed to infrared radiation]. *Bezopasnost' i zhivuchest' tekhnicheskikh sistem: materialy i doklady V Vserossiiskoi konferentsii (Krasnoyarsk, 12-16 oktyabrya 2015 goda) [Safety and survivability of technical systems: materials and reports of the V All-Russian Conference (Krasnoyarsk, October 12-16, 2015)]*: in 3 vols; In Moskvichev V.V. (sc. ed.). Krasnoyarsk: Sib. Feder. University, 2015. Vol.1, 263 p., pp. 175-180.

Информация об авторах

Authors

Лобыцин Игорь Олегович – аспирант, кафедра «Электроподвижной состав», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: lobycin@mail.ru

Igor' Olegovich Lobyt'sin – Ph.D. student of the Subdepartment of Electric Stock, Irkutsk State Transport University. e-mail: lobycin@mail.ru

Дёмина Оксана Олеговна – магистрант, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: dokc1988@mail.ru

Oksana Olegovna Demina – Master's Degree student, Irkutsk State Transport University. e-mail: dokc1988@mail.ru

Для цитирования

For citation

Лобыцин И. О. Математическое моделирование осциллирующего ик-энергopодвoдa в технологии восстановления изоляционных пальцев тяговых электродвигателей локомотивов / И. О. Лобыцин, О. О. Дёмина // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 61, № 1. – С. 118–125. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).118–125

Lobyt'sin I. O., Demina O. O. Matematicheskoe modelirovanie ostsilliruyushchego ik-energopodvoda v tekhnologii vostanovleniya izolyatsionnykh pal'tsev tyagovykh elektrodvigatelye lokomotivov [Mathematical modeling of the oscillating mode of the IR-energy supply in the technology of restoration of insulating fingers of electric motors of locomotives]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovaniye [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2019, Vol. 61, No. 1, pp. 118–125. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).118–125

УДК 658.516

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).125–131

В. Ц. Ванчиков¹, А. В. Данеев², А. В. Данеев³

¹ Восточно-Сибирский филиал Российского государственного университета правосудия, г. Иркутск, Российская Федерация

² Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

³ Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ, Российская Федерация

Дата поступления: 8 октября 2018 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМНЫХ СВЯЗЕЙ В СТРУКТУРЕ ЖИДКОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ВИХРЕЙ В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация. В статье рассматривается явление прилипания молекул гидродинамического потока к внутренней поверхности капиллярных трубок с позиции теории вихрей. При этом показано, что дискретное строение микроструктуры твердого тела обнаруживается в виде численной величины, равной 6,3. Если представить отмеченную численную величину в виде выражения $(1/6,3) \approx 0,16$, то оказывается, что оно связано с результатами сдвиговой деформации идеального кристалла, перколяционных и гидравлических явлений. Известно, что течения реальных жидкостей являются вихревыми. Чрезвычайно сложные проблемы, возникающие при исследовании турбулентного движения жидкости, не позволяли до сих пор концептуально оформить и развить теорию турбулентности. Турбулентные течения сопровождаются различными сингулярностями, что приводит к необходимости существенного изменения континуальной модели. Большое распространение в этих подходах получили уравнения профессора А.Н. Панченкова. Решение задач проектирования и испытания моделей наномашин (нанодвигате-



лей) требует учитывать то, что при определенных условиях образуется неподвижная пленка капельной жидкости с толщиной около 100 мкм на стенках капиллярных каналов, поэтому необходимо определить конкретное значение усилия, нужного для преодоления этими машинами адгезионного воздействия отмеченной пленки. Возникает потребность введения количественных характеристик этой пленки, после чего граничные слои капельных жидкостей можно будет сравнивать друг с другом – это важно для детального изучения их адгезионных свойств. Так, например, факт определения количественного значения энергии связи молекулы воды, равной 0,059 эВ на молекулу (или 5,9 кДж/моль), в неподвижной пленке пристенного (граничного) слоя служит тем доказательством, что отмеченная молекула находится в потенциальной яме. Таким образом, показана возможность технологической реализации адгезионного взаимодействия частиц ламинарного потока капельной жидкости с поверхностью твердого тела при комнатной температуре, т. е. положительная кинетическая энергия теплового движения молекул граничного слоя, равная 0,039 эВ, меньше, чем отрицательная энергия их связи. В работе показано, что наряду с вихревым движением нужно учитывать также дискретное строение атомно-молекулярной структуры вещества. Вопросы, связанные с явлением адгезии, часто возникают при эксплуатации гидравлических систем в транспортных средствах, тормозных устройствах, а также в топливных коммуникациях.

Ключевые слова: пограничный слой, облитерация, адгезия, перколяция, уравнения А.Н. Панченкова, транспортные системы.

V. Ts. Vanchikov¹, A. V. Daneev², A. V. Daneev³

¹ East Siberian Branch of the Russian State University, Irkutsk, Russian Federation

² Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

³ Buryat State University, Ulan-Ude, Russian Federation

Received: October 8, 2018

THE STUDY OF SYSTEMIC RELATIONS IN THE STRUCTURE OF LIQUIDS ON THE BASIS OF THE THEORY OF VORTICES IN TRANSPORT SYSTEMS

Abstract. The article considers a phenomenon of hydrodynamic flow molecules sticking to the inner surface of capillary tubes from the standpoint of the theory of vortices. It was shown that the discrete microstructure of a solid body is detected in the form of a numerical value equal to 6.3. If we present the noted numerical value in the form of the expression $(1 / 6.3) \approx 0.16$, then it turns out to be associated with the results of shear deformation of an ideal crystal, of percolation and hydraulic phenomena. It is known that the flows of real liquids are vortex [1]. Extremely complex problems arising from the study of the turbulent motion of a fluid have not yet allowed conceptually formulating and developing the theory of turbulence [2]. Turbulent flows are accompanied by various genera of singularities, which results in the need for a substantial change in the continuum model. Professor A.N. Panchenkov's equations became widespread in these approaches. In solving the problems of designing and testing models of nanomachines (nano motors), the following should be considered. Under certain conditions, a stationary film of a dripping liquid with a thickness of about 100 μm on the walls of the capillary channels is formed. Therefore, it is necessary to determine the specific value of the effort required to overcome the adhesive action of the mentioned film by these machines. There is a need to introduce the quantitative characteristics of this film. After that, the boundary layers of dripping liquids can be compared with each other. This is important for a thorough study of their adhesion properties. For example, the fact of determining in [3, 9] the quantitative value of the binding energy of a water molecule, equal to 0.059 eV per molecule (or 5.9 kJ/mol), in a fixed film of the near-wall (boundary) layer serves as evidence that the noted molecule is in a potential well. Thus, the possibility to technologically implement the adhesive interaction of particles of a laminar flow of a dripping liquid with a solid surface at room temperature is shown: it is a fact that the positive kinetic energy of thermal motion of the boundary layer molecules, equal to 0.039 eV, is less than the negative binding energy. The paper shows that, along with the vortex motion, the discrete structure of the atomic-molecular structure of matter should also be taken into account. Issues, related to the phenomenon of adhesion, often arise during the operation of hydraulic systems in vehicles, braking devices, as well as in fuel supply lines.

Keywords: boundary layer, obliteration, adhesion, percolation, Panchenkov equations, transport systems.

Введение

Вихревое движение присутствует везде в мега- микромирах. Так, спиновые особенности микросистем определяют великое разнообразие химических реакций и проявления межмолекулярных сил. На «классическом» этапе теория вихревых движений жидкости развивалась вместе с гидро- и электродинамикой и имела весьма ограниченные приложения к объяснению простейших наблюдений и ныне забытой вихревой теории строения вещества и мирового эфира [1, с. 8; 2, с. 221-230]. Последний требует пояснения. Дело в том, что свойства «механического эфира» были

крайне странными (громкая упругость при ничтожной плотности). При переходе к теории «электромагнитного эфира» было совершенно неясно, как ведет себя эфир по отношению к физическим телам. Было поставлено много опытов, некоторые из них доказывали противоречивость гипотезы эфира. Так, при объяснении причины явления аберрации (кажущегося движения) звезд предположили, что эфир совершенно не участвует в движении Земли (и ее атмосферы). Опыты с прохождением светового луча через равномерно движущуюся воду показали, что эфир увлекается потоком воды лишь частично. Такое объяснение



противоречит явлению aberrации. Более того, опыты на интерферометре А. Майкельсона показали, что Земля полностью увлекает эфир.

В итоге для оформления системы представлений о природе был принят вещественно-энергетический подход. Необходимо отметить, что согласно Р. Фейнману, сущность понятия энергии до конца не ясна [3]. При этом он утверждал, что существует определенная величина, которую обозначили термином «энергия». Это по сути своей является математическим принципом, который указывает на появление в результатах физических расчетов некоторой постоянной количественной величиной. Другими словами, энергия – это нечто отвлеченное. Вот почему для объяснения закономерности проявления мегамира используется таинственная так называемая темная энергия.

Элементарные вихри вблизи существенно особой точки А.Н. Панченкова

В гидромеханике для анализа интенсивности вихревого движения жидкости введено понятие «циркуляция скорости». Расчетную формулу циркуляции скорости предложил Н.Е. Жуковский

$$u = \frac{1}{2\pi} (\Gamma / a) \text{ или } \Gamma / a u = 2\pi,$$

где Γ – циркуляция скорости; a – радиус микротрубки элементарного вихря [4].

Анализ показал, что при углах атаки ($\alpha < 12^\circ$) коэффициент подъемной силы пластины $c_y = 2\pi \sin\alpha$, для пластины бесконечного размаха $c_y = 2\pi\alpha$. Если при этом в уравнении гидродинамической силы [4, с. 259] коэффициент подъемной силы пластины c_y приравнять коэффициенту сопротивления молекулы жидкости c_x на молекулярно-шероховатой поверхности граничного слоя, то указанное уравнение позволяет вычислить количественное значение воздействия гидродинамического потока F_d . Молекулы жидкости будут удалены с поверхности граничного слоя при условии, если

$$F_d = c_x P_d S > F_a,$$

F_d – лобовая сила; c_x – коэффициент сопротивления молекулы жидкости на молекулярно-шероховатой поверхности граничного слоя; P_d – динамическое давление; S – «миделево» сечение молекулы; F_a – силы прилипания.

На границе скольжения между кластерами гидродинамического потока и неподвижной пленки граничного слоя молекулы участвуют в процессе образования микроскопических элементарных вихрей. В вихревом слое жидкости при вращательном движении элементарных вихрей непосредственно на неподвижной поверхности граничного слоя в момент контакта имеется точка, в ко-

торой скорость вращательного движения точечного вихря принимает нулевое значение (имеются ограничения, наложенные голономной связью), т. е. условие нулевой скорости точки касания вихря, катящегося без скольжения по неподвижной плоскости.

В частности, в работе А.Н. Панченкова изложена на весьма высоком уровне математизации фундаментальная теоретическая схема, согласно которой ключевую роль в экстремальном граничном слое играет существенно особая точка [6]. Эта аналогия, на наш взгляд, представляет собой яркий пример того, как новые подходы, развиваемые А.Н. Панченковым, позволяют найти пути решения многих задач теоретического и технологического характера, приводящие к значительному идейному прогрессу в понимании роли межфазных границ в формировании особых свойств объектов нанотехнологии (например, тонкие пленки расплавов на капиллярно-щелевых подложках).

Изобилие различных феноменов, охватываемых уравнениями А.Н. Панченкова, является интеллектуальным триумфом в развитии теоретической (мировоззренческой) программы познания мира. При этом, глядя на особую красоту метода, видим превращение указанных уравнений в некоторого рода математическую поэму.

Вернемся к обсуждению поведения элементарных вихрей вблизи существенно особой точки А.Н. Панченкова. В точках соприкосновения вихрей направления циркуляции скорости противоположны. В этих точках межмолекулярное притяжение существенно уменьшает скорость вращения элементарных вихрей.

Представим процесс когезии молекулы вихревого слоя к молекулам неподвижной пленки граничного слоя в виде графической схемы (рис. 1).

Отрыву молекулы усилием гидродинамического потока с поверхности неподвижной пленки препятствуют силы когезии молекулярной структуры граничного слоя. В этих молекулярных связях электрон атома водорода, входящий в состав электронной пары, сильно смещен к атому более электроотрицательного кислорода. Это обстоятельство превращает атом водорода (как будто он протон) в нуклон, почти лишенный электрона.

Частичное отсутствие экранирующей электронной оболочки у атомов водорода сопровождается притяжением их электронами атома кислорода другой молекулы воды, не связанной с ним атомной (валентной) связью, и отдельные атомы образуют комплексы, которые связаны между собой молекулярной связью; так что атом кислорода

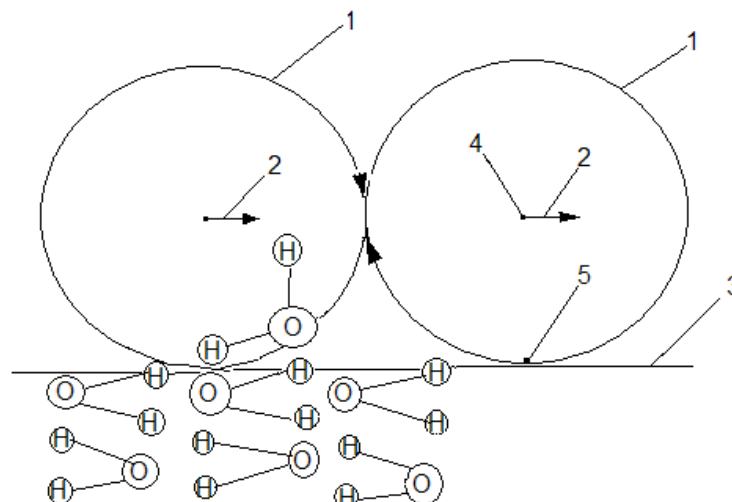


Рис. 1. Схема к вихревой трактовке адгезии молекул потока к молекулам неподвижной пленки граничного слоя жидкости:

1 – циркуляция скорости по контуру точечного вихря; 2 – переносное движение точечного вихря; 3 – линия скольжения (на неподвижной поверхности граничного слоя жидкости); 4 – простой полюс; 5 – существенно особая точка А.Н. Панченкова

оказывается связанным с четырьмя атомами водорода (рис. 2). Эти комплексы в виде полимерных агрегатов слой за слоем образуют неподвижную пленку граничного слоя в капиллярно-щелевых подложках.

На поверхности граничного слоя молекулы подвергаются воздействию сил когезии со стороны его внутренних слоев и сил адгезии со стороны микрочастиц стенок капиллярно-щелевых подложек. В самых общих чертах это представление покажем на примере процессов, происходящих в стальных и стеклянных капиллярах. Так, поверхность стального капилляра окисляется, взаимодействуя с кислородом воздуха, и покрывается пленкой окиси.

Прочность окисной пленки обусловлена кристаллохимическим соответствием структур металлов и окисной пленки. Эта пленка на стальной поверхности состоит из кристаллов окиси железа кубической структуры ($\gamma \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$). При комнатной температуре и атмосферном давлении на окисной пленке стальной поверхности слой за слоем образуется граничные слои жидкости. Отмеченное образование обладает физическими свойствами, связанными с геометрией кристаллических решеток кубической структуры идеального кристалла Я. И. Френкеля [7]. По Френкелю, необходимое усилие для сдвига одной части идеального кристалла относительно другой имеет вид

$$\sigma_c \approx G/2\pi \text{ или } G/\sigma_c \approx 2\pi,$$

Где G – модуль сдвига кристалла. Для того чтобы разорвать атомные или ионные связи необходимо преодолеть максимальную силу их взаимного притяжения.

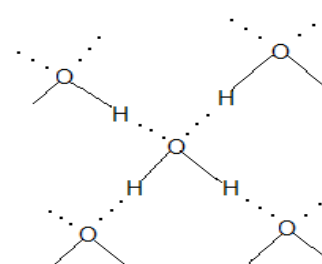


Рис. 2. Схема образования связей (сплошная линия – ковалентная связь, точки – межмолекулярная связь)

То, что физические свойства кристаллов определяются геометрией кристаллических решеток, показал Я. И. Френкель, он также отметил необходимость преодоления упругого сопротивления, которое при сдвиговой деформации изменяется периодически, повторяясь на расстоянии между узлами кристаллической решетки. Это представление легко обобщается на случай объемных решеток в теории перколяции [6], если использовать идею критического объема, равную примерно 0,16 (или $1/2\pi$).

Рентгеновский анализ показал, что в структуре вещества в стеклообразном состоянии всегда имеются микрокристаллические образования (кристаллиты) [7]. Из-за валентно насыщенного состояния интенсивность эффектов хемосорбции ослабевает между взаимодействующими молекулами кислорода воздуха и микрочастицами кристаллитов. После стадии валентного насыщения преобладают только физические факторы. На поверхности



окисной пленки проявление атомных связей обнаруживаются в виде периодического электростатического поля.

В гидромеханике было принято, что силы адгезии микрочастиц стенки капиллярной трубки ограничиваются прилегающим к поверхности твердого тела мономолекулярным слоем жидкости. В настоящее время это представление стало оспоримым благодаря экспериментальным и теоретическим результатам И. Хенникера, И. Китчера, Б.В. Дерягина, В. Дрост-Хансена и др. В работах указанных авторов показано, что силы адгезии микрочастиц поверхности твердого тела в определенных условиях могут оказывать влияние на расстояние, значительно превышающие радиус действия межмолекулярных сил. При малых числах Рейнольдса, когда ведущую роль играют силы адгезии поверхности по сравнению с усилием потока жидкости, приходим к необходимости введения нового понятия – «граничный слой», утолщение которого сопровождается запиранием просвета капилляров (в отличие от вязкого подслоя пограничного слоя жидкости, обладающего свойством непрерывного перемещения молекул, пленка граничного слоя жидкости оказывает упругое сопротивление сдвигу, в связи с чем требуется некоторое начальное усилие для его осуществления). Очевидно, что структура неподвижной пленки граничного слоя отличается от структуры объемной фазы [8]. Изучение сдвиговых свойств этих слоев показало, что упругое сопротивление слоев жидкости обнаруживается на расстоянии 10^{-6} – 10^{-5} см от твердой поверхности.

Использование результатов, полученных для идеализированной сплошной среды, а также установление границ их применимости требует знания существа явления или хотя бы интуитивно правильного их понимания. В случае образования неподвижной многослойной пленки граничного слоя в капиллярно-щелевых подложках, очевидно, что размеры молекул и очередных когезионных слоев жидкости микроскопичны, неразличимы молекулы гидродинамического потока и неподвижного граничного слоя. Эти факторы не позволяют прямым измерением определять количественное значение утолщения пленки граничного слоя вязкой несжимаемой жидкости на стенках капиллярных каналов. Эта задача была разрешена косвенным измерением, т. е. путем расчета по формуле, выражающей интересующую нас величину, через измеренные непосредственно время заполнения сосуда фиксированного объема с помощью секундомера [9]. Причем использование модифицированного стагамометра [10] позволило определить существование функциональной зависимости

между временем наполнения фиксированного объема малой емкости (капли), выбранного в качестве мерного сосуда постоянной и малой вместимости, и микроскопическим увеличением толщины граничной пленки жидкости. Для обозначения общей повторяющейся и практически важной особенности облитерационных процессов в капиллярных каналах машиностроительных гидросистем, приводящей к постепенному закрытию просвета капилляров, введено физическое понятие неподвижности граничного слоя вязкой несжимаемой жидкости [7, 9].

Адгезионная инженерия в технике и технологии

Развитие производства наномашин и технологии связывается с результатами исследования облитерационных явлений [11]. Результаты исследования закономерностей возникновения облитерационных процессов можно использовать для разработки новых методов получения тонких пленок, а также при расчете и проектировании наномашин для выполнения профилактических и ремонтных работ внутри труб авиационных двигателей и атомных электростанций. Для эффективного передвижения наномашин в граничном слое жидкости необходимо учитывать силы адгезии твердой поверхности и жидкости, которые значительно превосходят силы гравитации. Так, сила притяжения лап геккона к поверхности стекла составляет около 130 кг [12].

Закономерности движения микромеханических систем в настоящее время тщательно изучаются микромеханикой для использования в военных, прикладных и антитеррористических задачах [13]. В дополнение к этому в нанотехнологии для получения слоя, представляющего собой сплошную пленку на подложке толщиной от единицы до нескольких десятков нанометров, используют методы электронно-лучевого и лазерного испарения, магнетонного напыления, молекулярно-лучевой эпитаксии. В подобных технологиях типа «снизу – вверх», в которых реализуется образование нанослоя из атомов и молекул, применяется дорогостоящее и высокоэнергетическое оборудование с использованием вакуума. В противоположность этому в целях создания наноструктурированных материалов можно провести эксперименты с расплавами, протекающими в особом режиме ламинарного движения на охлаждаемой подложке, когда частицы жидкого материала прилипают к последней. Это обстоятельство требует подробного рассмотрения некоторых аспектов указанного явления.

Известно, что формула Гагена-Пуазейля играет исключительно важную роль в развитии тео-



рии жидкости [14, 15]. Нарушение закона Гагена-Пуазейля для капиллярных трубок в случае прилипания частиц ламинарного потока жидкости к стенкам капилляров обусловлено тем, что вблизи верхней границы ползущего течения, которая ограничена числом Рейнольдса, равным 5, имеется режим течения жидкости (ранее самостоятельно не рассматривавшийся в гидромеханике), характеризуемый процессом укладки молекул ламинарного потока в виде упорядоченных мультимолекулярных неподвижных слоев на твердой поверхности. В свое время усилия, направленные для объяснения причины нарушения закона Гагена-Пуазейля для труб большого диаметра, привели к открытию ламинарного и турбулентного течения.

Заключение

Для решения задач проектирования и испытания моделей наномашин (нанодвигателей) нуж-

но учитывать условия образования неподвижной пленки капельной жидкости на стенках капиллярных каналов. Возникает необходимость введения количественных характеристик этой пленки. Определение энергии молекулярной связи неподвижной пленки граничного слоя воды, равной 0,059 эВ на молекулу (или 5,9 кДж/моль), служит тем доказательством, что молекула в граничном слое вязкой несжимаемой жидкости находится в потенциальной яме.

Таким образом, показана возможность технологической реализации адгезионного взаимодействия молекул ламинарного потока капельной жидкости с поверхностью твердого тела при комнатной температуре, т. е. положительная кинетическая энергия теплового движения молекул граничного слоя, равная 0,039 эВ, меньше, чем отрицательная энергия их связи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вихревые движения жидкости / под ред. А.Ю. Ишлинского, Г.Г. Черного. М. : Мир, 1979. 325 с.
2. Панченков А.Н. Аналитическое естествознание. Саранск : Респ. тип. «Красный Октябрь», 2008. 640 с.
3. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1. М. : Мир, 1965. 268 с.
4. Емцов Б.Т. Техническая гидромеханика. М. : Машиностроение, 1978. 463 с.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Гидродинамика. М. : Наука, 1986. Т. 6. С. 269.
6. Панченков А.Н. Инерция. Йошкар-Ола : МПИК, 2004. 411 с.
7. Ванчиков В.Ц. Управление слоем трения в технологических процессах. Иркутск : Изд-во ИрГУПС, 2006. 168 с.
8. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М. : Мир, 1978. 568 с.
9. Ванчиков В.Ц. Метод определения сил когезии в вязком подслое // Вестн. машиностроения. 2007. № 6. С. 39–40.
10. Пат. 72764 Рос. Федерация. Устройство определения силы адгезии жидкости и твердого тела / В.Ц. Ванчиков. № 2006124214/22 ; заявл. 05.07.2006 ; опублик. 27.04.2008. Бюл. № 12.
11. Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Ч.1. М. : Изд-во МГИУ, 2005. 192 с.
12. О ящерице и инженерах // Знание и сила. 2011. № 3. С. 16–17.
13. Механика миниатюрных роботов / В.Г. Градецкий и др. М. : Наука, 2010. 271 с.
14. Астарита Д., Марруччи Д. Основы гидромеханики не-newтоновских жидкостей. М. : Мир, 1978. 309 с.
15. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. М. : Физматлит, 1963. 472 с.

REFERENCES

1. Ishlinsky A.Yu., Cherny G.G. (eds.). Vkhrevye dvizheniya zhidkosti [Vortex motions of the fluid]. Moscow: Mir Publ., 1979. 325 p.
2. Panchenkov A.N. Analiticheskoe Estestvoznaniye [Analytical Natural Science]. Saransk: GUP RM «Respublikanskaya tipografiya «Krasnyi Oktyabr» Publ., 2008. 640 p.
3. Feinman R., Leiton R., Sends M. Feinmanovskie lektzii po fizike [The Feynman Lectures on Physics]. Issue 1. Moscow: Mir Publ., 1965. 268 p.
4. Emtsov B.T. Tekhnicheskaya gidromekhanika [Technical fluid mechanics]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1978. 463 p.
5. Landau L.D., Lifshits E.M. Teoreticheskaya fizika. Gidrodinamika [Theoretical physics. Hydrodynamics]. Moscow: Nauka Publ., 1986. Vol. 6, pp. 269.
6. Panchenkov A.N. Inertsia [Inertia]. Ioshkar-Ola: GUP «MPIK» Publ., 2004. 411 p.
7. Vanchikov V.Ts. Upravlenie sloem treniya v tekhnologicheskikh protsessakh [Friction layer control in workflow processes]. Irkutsk: IrGUPS Publ., 2006. 168 p.
8. Adamson A. Fizicheskaya khimiya poverkhnosti [Physical chemistry of surfaces]. Moscow: Mir Publ., 1978. 568 p.
9. Vanchikov V.Ts. Metod opredeleniya sil kogezi v vyazkom podsloe [Method for the determination of cohesion forces in a viscous sublayer]. *Vestnik Mashinostroeniya [Bulletin of Mechanical Engineering]*, 2007. No. 6, pp. 39-40.
10. Vanchikov V.Ts. *Ustroystvo opredeleniya sily adgezii zhidkosti i tverdogo tela [Device for determining the strength of adhesion of a liquid and a solid body]*. Patent for utility model No. 72764 RF. Publ. 27.04.2008. Bull. No. 12.
11. Sheipak A.A. Gidravlika i gidropnevmoпривод [Hydraulics and hydropneumatic]. Part 1. Moscow: MGIU Publ., 2005. 192 p.
12. O yashcheritse i inzhenerakh [About a lizard and engineers]. *Znanie i sila [Knowledge and strength]*, 2011. No. 3, pp. 16-17.
13. Gradetskii V.G., Knyaz'kov M.M., Fomin M.F., Chashchukhin V.G. Mekhanika miniatyrnykh robotov [Mechanics of miniature robots]. Moscow: Nauka Publ., 2010. 271 p.
14. Astarita D., Marruchchi D. Osnovy gidromekhaniki nen'yutonovskikh zhidkosti [Fundamentals of fluid mechanics of non-Newtonian fluids]. Moscow: Mir Publ., 1978. 309 p.
15. Akhmatov A.S. Molekulyarnaya fizika granichnogo treniya [Molecular physics of boundary friction]. Moscow: Fizmat Publ., 1963. 472 p.

**Информация об авторах****Authors**

Ванчиков Виктор Цыренович – к. т. н., доцент, Восточно-Сибирский филиал Российского государственного университета правосудия, г. Иркутск, e-mail: vanchikov.viktor@yandex.ru

Данеев Алексей Васильевич – д. т. н., профессор, кафедра «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: daneev@mail.ru

Данеев Александр Васильевич – доцент, кафедра «Информационные технологии», Бурятский государственный университет, Улан-Удэ, e-mail: daneev@mail.ru

Viktor Tsyrenovich Vanchikov – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, East Siberian Branch of the Russian State University, Irkutsk. e-mail: vanchikov.viktor@yandex.ru

Aleksei Vasil'evich Daneev – Doctor of Engineering Science, Professor, Irkutsk State Transport University, Irkutsk. e-mail: daneev@mail.ru

Aleksandr Vasil'evich Daneev – Associate Professor, Buryat State University, Ulan-Ude. e-mail: daneev@mail.ru

Для цитирования**For citation**

Ванчиков В. Ц. Исследование системных связей в структуре жидкостей на основе теории вихрей в транспортных системах / В. Ц. Ванчиков, А. В. Данеев, А. В. Данеев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 61, № 1. – С. 125–131. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).125–131

Vanchikov V. Ts., Daneev A. V., Daneev A. V. Issledovanie sistemnykh svyazei v strukture zhidkosti na osnove teorii vikhrei v transportnykh sistemakh [The study of systemic relations in the structure of liquids on the basis of the theory of vortices in transport systems]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2019, Vol. 61, No. 1, pp. 125–131. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).125–131

УДК 656.078.11, 656.27

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).131–139

В. В. Зубков

*Департамент производственной инфраструктуры АО «Федеральная грузовая компания», г. Екатеринбург, Российская Федерация
Дата поступления: 5 сентября 2018 г.*

ДЕТАЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ КОМПЛЕКСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ УСЛУГИ НА ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ

Аннотация. В период проводимых в железнодорожной отрасли реформ, прогнозируемые объемы перевозок в ближайшей перспективе можно реализовать путем комплексного подхода, а именно, за счет консолидации транспортных компаний и видов транспорта, формирования новых моделей транспортных услуг, создания и внедрения объединенных высокотехнологических информационных систем. При этом всесторонние подходы к эффективному управлению производственной системы должны обеспечивать возможность оценки влияния на предоставление качественных услуг транспортных услуг каждым субъектом производственного процесса и позволять определять величину их ответственности. В статье рассматриваются основные направления по управлению качеством обслуживания потребителей транспортных услуг как одного из приоритетных факторов эффективности транспортных компаний в сегменте рынка грузовых перевозок. Представлена методика оценки качества транспортно-обслуживания в Целевой модели комплексной транспортной услуги каждым ее субъектом в различных категориях перевозок. Разработанная методика предоставляет возможность проследить и, соответственно, оценить влияние каждого субъекта модели комплексной транспортной услуги на обеспечение качества услуг с использованием значений коэффициентов качества. В работе проведена детализация структуры воздействия участников комплексной транспортной услуги на уровень ее качества путем расчета коэффициента ответственности. Предложенный метод детализации позволяет определить коэффициенты ответственности субъектов за соблюдение плана оказания транспортных услуг для каждой категории перевозок. Данные коэффициенты необходимо использовать при расчете себестоимости транспортных услуг и доходной ставки.

Ключевые слова: качество транспортного обслуживания; детализация структуры воздействия; потребители транспортных услуг; коэффициент ответственности; коэффициент качества.

V. V. Zubkov

*Industrial Infrastructure Department of the JSC Federal Freight Transport Company, Ekaterinburg, Russian Federation
Received: September 5, 2018*

SPECIFICATION OF IMPACT STRUCTURE OF PARTICIPANTS OF THE COMPLEX TRANSPORT SERVICE ON THE SERVICE QUALITY IMPROVEMENT