

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԿՐԹԱՐԱՆԻ ԿՈՆԿՐԵՆ

Կասյան Մ. Վ. (պատ. խմբագիր), Ազոնց Հ. Տ. (պատ. խմբագրի տեղակալ), Ալեքսեյսկի Վ. Վ., Անանյան Ա. Կ., Գորոյան Տ. Ա., Զադոյան Մ. Ա., Նազարով Ա. Ի., Տեր-Ազատի Ի. Ա., Փիլաթյան Վ. Վ. (պատ. խմբագրի տեղակալ)
Փոստախանատու քարտուղար Խոսեփանյան Զ. Կ.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Касьян М. В. (ответ редактор) Азонц Г. Т. (зам. ответ. редактора), Алексеевский В. В., Анян А. К., Гороян Т. А., Задоян М. А., Назаров А. Г., Пилатян В. В. (зам. ответ редактора), Тер-Азарьян Н. А.
Ответственный секретарь Степанян З. К.

Խմբագրության հասցեն՝ Երևան—19, Բարեկամության փող. 24դ

Адрес редакции: Ереван-19, ул. Барскамузян, 24-г.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

М. А. ЕСАЯН, А. В. ХЕЧУМЯН, Г. С. МАРТИРОСЯН

К ВОПРОСУ СТАБИЛИЗАЦИИ КАЧЕСТВА СТАНКОВ

Характеристики станков, взятые по множеству образцов одной модели, имеют, как правило, существенное рассеивание, связанное с нестабильностью технологического процесса изготовления деталей и сборки. Так, измерениями жесткости шпиндельного узла, проведенными по 50 вертикально-фрезерным станкам с крестовым столом шириной 400 мм, было установлено отношение предельных величин, равное 3 при 100%-ной и 6 при 30%-ной нагрузке; большой разброс при меньшей нагрузке подчеркивает нестабильность качества стыков.

Шум шпиндельной головки этих станков при максимальной скорости вращения имел разброс в пределах 77-85 дБ, отличающийся по среднеквадратическому уровню звукового давления в 2,5 раза. Известно, что температура головного шпиндельного подшипника, потери холостого хода, износ деталей, период сохранения точности и др. изменяются от образца к образцу.

С технологическими дефектами изготовления тесно коррелирована и вибрация холостого хода станка, что следует из физических представлений о взаимодействии подвижных пар в механизмах, о передаче вибрации стыками и доказывается разбросом виброхарактеристик отдельных образцов. На рис. 1 представлена суммарная виброскорость V_{Σ} , измеренная в поперечном направлении на гильзе шпинделя при различной скорости его вращения (n об/мин) на упомянутых вертикально-фрезерных станках (в семи случаях). Интересно, что в случае № 3 обнаружен был дефект переднего подшипника электродвигателя, после устранения которого виброскорость представлена характеристикой № 1. Из рис. 1 следует, что при 600 об/мин V' изменялась в 2,7 раза, а при 31,5 об/мин, даже без учета случая № 3,—в 6 раз.

Естественно, что зависимость различных характеристик работоспособности от технологических дефектов делает их взаимно коррелированными, однако вибрация холостого хода выгодно отличается от прочих (например, температуры) тем, что своим комплексным спектром—ориентированными в пространстве векторами отдельных частотных составляющих—несет многочисленную информацию о ее источниках (дефектах). Отсюда, вибрация является достаточно обобщенным критерием оценки качества изготовления, позволяющим не

только контролировать состояние станка, но и диагностировать его дефекты.

Нормирование вибрации все шире применяется для различных вращающихся машин (ГОСТ 16921-71; DIN 45665; VDI 2056; ISO 2372), давно используется в случаях, когда вибрация непосредственно влияет на функционирование машины (например, в гиromоторах, морских электромашинках). Взгляд на вибрацию, как на носитель информации о качестве изготовления, независимо от значимости ее вредного действия, делает содержательным ее нормирование для самых различных типов станков.

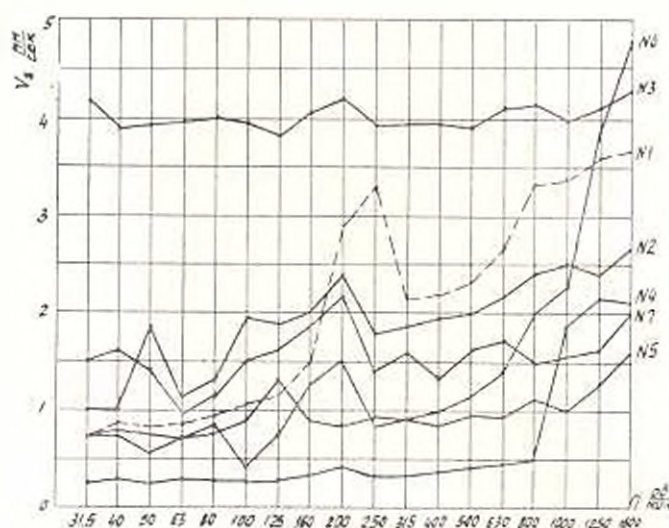


Рис. 1. Зависимость суммарной виброскорости от скорости вращения шпинделя для семи фрезерных станков.

Представляется целесообразной следующая последовательность операций технологии стабилизации качества выпускаемых станков:

а) контроль суммарной вибрации ($V_s = \sqrt{\sum V_i^2}$, где V_i — составляющие спектра, в том числе и случайные) каждого станка или ответственного узла, выполняемый в идентичных условиях при минимальном количестве режимов и контрольных точек на простой контрольной установке сборщиками или ОТК;

б) вибродиагностика дефектов станков или узлов, не удовлетворивших норме, с использованием соответствующей аппаратуры и заранее разработанных приемов: режимов, контрольных точек, алгоритмов принятия решений, — специально подготовленным персоналом заводской лаборатории.

Усилия, таким образом, сводятся к снижению значимых, в основном и определяющих повышенную суммарную вибрацию, составляющих

спектра. Уровни значимости целиком определяются [1] нормой на суммарную вибрацию и количеством значимых составляющих с учетом суммирования квадратов их эффективных значений. Это, однако, не исключает специального подхода к некоторым составляющим спектра. Например, рекомендуется [2,3] нормировать составляющие спектра, близкие к частотам неустойчивых форм колебаний.

Успех нормирования суммарного сигнала зависит от его чувствительности к возможно большему набору дефектов. В этом плане небезразлично, какой из трех показателей—вибросмещение, виброскорость или виброускорение—принять в качестве контролируемой величины.

Дефекты вращающихся деталей в станках порождают спектр, как правило, в полосе частот $10 \div 1000$ Гц. Низкочастотная область включает частоты вращения с гармониками и отражает дисбалансы, несоосности, эксцентрисичности, перекосы. Высокочастотная область включает основные частоты и гармоники пересопряжения зубьев передач, перемещения и верчения шаров и подшипников, магнитные шумы электродвигателя и отражает дефекты, связанные с эгом. Шум станка определяется высокочастотной областью спектра.

На рис. 2,а представлена диаграмма корреляционной зависимости между двумя случайными величинами—суммарным виброускорением (a_z) и среднеквадратическим уровнем звукового давления (p), измеренными одновременно и взятыми по семи вертикально-фрезерным станкам при всех скоростях вращения шпинделя. Коэффициент корреляции оказался 0,90 (в доверительных границах $0,87 \div 0,93$ с вероятностью 0,95) и указывает на почти функциональную связь виброускорения и шума.

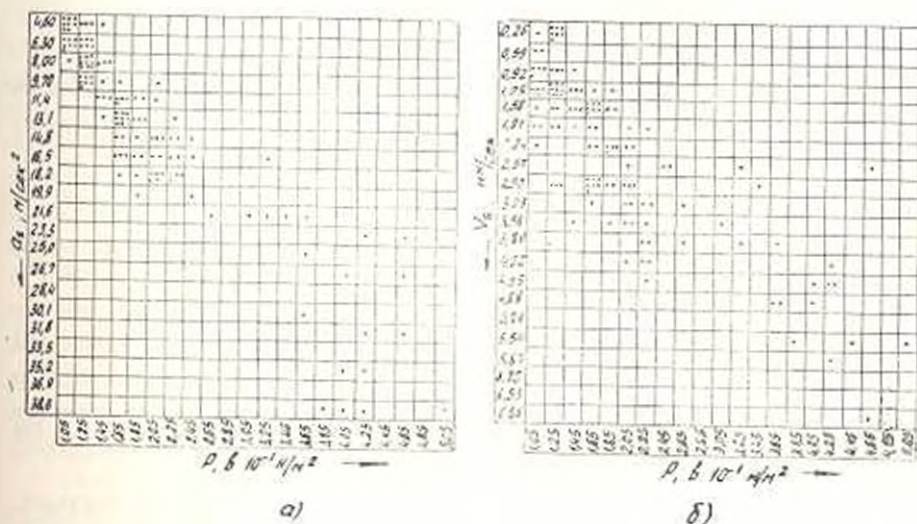


Рис. 2. Диаграммы корреляционной зависимости между среднеквадратическим давлением и:

- а) суммарным виброускорением;
- б) суммарной виброскоростью.

Предположим, что в качестве диагностического сигнала принимается a_2 . Очевидно, минимально значимой будет составляющая $0,3 a_2$, поскольку прибавление любой меньшей изменит a_2 менее, чем в $\sqrt{1+0,3^2} \approx 1,05$ раза, т. е. пренебрежимо мало. При этом, в низкочастотной области спектра этой граничной для контроля величине $0,3 a_2$ соответствует вибросмещение, равное

$$\frac{0,3 a_2}{(2\pi f_{\min})^2}. \quad (1)$$

Для рассмотренных вертикально-фрезерных станков средняя величина a_2 при 1600 об/мин составляет примерно 3 м/сек^2 , и расчет по (1) при $f_{\min} = 20 \text{ Гц}$ показывает, что вибросмещения порядка $0,5 \text{ мк}$ окажутся неконтролируемыми, хотя, как известно [4], качественным фрезерным станкам отвечают вибрации на уровне $0,01 - 0,03 \text{ мк}$. Таким образом, сигнал виброускорения нечувствителен к дефектам, выражающимся низкочастотной вибрацией.

Предположим теперь, что в качестве диагностического сигнала принимается суммарное вибросмещение S_2 . Легко показать, что значимой величине $0,3 S_2$ в высокочастотной области соответствует виброускорение, значительно превышающее величины, в которых реально выражаются существенные дефекты, приводящие к повышенному шуму. Например, при $S_2 = 20 \text{ мкм}$ уже при $f = 300 \text{ Гц}$ имеем

$$0,3 S_2 (2\pi f)^2 = 23 \text{ м/сек}^2, \quad (2)$$

что превышает величины даже суммарного виброускорения, приведенные выше.

Сравним характеризующее чувствительность ко всему диапазону дефектов отношение (K) двух крайних (в диапазоне $10 - 1000 \text{ Гц}$) спектральных составляющих, находящихся на соответствующих представляемым ими дефектам уровнях значимости ($0,3 S_2$ для составляющей 10 Гц ; $0,3 a_2 - 1000 \text{ Гц}$), принимая для конкретности приведенные здесь $a_2 = 8 \text{ м/сек}^2$ и $S_2 = 20 \text{ мкм}$. При условии измерения:

$$\text{виброускорения} \quad K_a = \frac{0,3 S_2 (2\pi f_{\min})^2}{0,3 a_2} = 40 \frac{S_2}{a_2} f_{\min}^2 = 10^{-2}; \quad (3)$$

$$\text{вибросмещения} \quad K_s = \frac{0,3 S_2}{0,3 a_2 / (2\pi f_{\max})^2} = 40 \frac{S_2}{a_2} f_{\max}^2 = 10^2; \quad (4)$$

$$\text{виброскорости} \quad K_v = \frac{0,3 S_2 \cdot 2\pi f_{\min}}{0,3 a_2 / (2\pi f_{\max})} = 40 \frac{S_2}{a_2} f_{\min} f_{\max} = 1. \quad (5)$$

Отсюда видно, что виброскорость обладает решающим преимуществом, поскольку соразмеряет чувствительность диагностического сигнала к максимальному набору дефектов. Например, при среднем уровне значимости по виброскорости $0,3 V_2$, равном $0,5 \text{ мм/сек}$ (рис. 1), окажут-

ся учтенными составляющие вибросмещения (в худшем случае при $f=10$ Гц) 8 мм и виброускорения (в худшем случае при $f=1000$ Гц) 3 м/сек², что соответствует значимости дефектов.

Чувствительность суммарной виброскорости V_s к дефектам, порождающим шум, хорошо иллюстрируется экспериментально полученной диаграммой ее корреляционной зависимости с среднеквадратическим уровнем звукового давления p (рис. 2,б). Коэффициент корреляции оказался достаточно высоким — 0,78 (в доверительных границах 0,70 и 0,84 с вероятностью 0,95).

Нормирование и контроль суммарной виброскорости холостого хода станка или его узла хорошо согласуется с общей тенденцией по нормированию вибрации машин (ISO 2372), где вводятся классы вибрации именно по виброскорости, с субъективной реакцией человека на вибрацию (нормируемый уровень, обратно пропорционален частоте [4], т. е. определяется виброскоростью), с приближенной равнозначностью действия на долговечность разночастотных колебаний с равной скоростью [5].

В станках традиционно измеряют вибросмещения инструмента относительно заготовки (например, [4]), справедливо полагая, что они отражаются на формообразование детали (наряду с геометрической точностью движений и статическими деформациями от сил резания). Эта характеристика станка — вибросмещение при резании — определяется устойчивостью динамической системы, включающей процесс резания, режимами резания, свойствами заготовки, состоянием и особенностями инструмента (например, периодическим возбуждением с частотой врезания зубьев фрезы). Из вибрации холостого хода, как показано в [3], подчеркиваются те составляющие, которые близки к неустойчивым формам колебаний при резании, остальные же, наоборот, могут ослабляться (аналогия с действием резонансного фильтра). Автоколебания при резании с предельной стружкой возникают на частотах, близких к собственным частотам узлов и, по данным [3], величина предельной стружки и амплитуда при резании коррелированы (с коэффициентами 0,78 и 0,65, соответственно) с амплитудой составляющих на этих частотах при холостом ходе. Поскольку составляющие на собственных частотах всегда значимы в суммарной вибрации холостого хода, то последние, полностью не отражая виброхарактеристику при резании, тесно с ней коррелированы. При этом следует указать, что с точки зрения резания важны не только низкочастотные вибросмещения, но и колебания на высоких частотах, так как стойкость инструмента определяется скоростью колебаний [2].

Таким образом, изложенное позволяет прийти к выводу, что виброскорость абсолютных колебаний узлов станка при холостом ходе является наиболее универсальным показателем вибрации для целей диагностики широкого спектра дефектов.

Заводская норма суммарной виброскорости узла станка определяется как статистическая характеристика по представительной выборке

станков, гарантирующей с высокой достоверной вероятностью процент риска, т. е. процент станков, подлежащих вибродиагностике и исправлению обнаруженных дефектов.

Для шпиндельной бабки вертикально-фрезерного станка, структурная сетка которой показана на рис. 3, контроль виброскорости осуществляется в трех направлениях (по осям координат станка) на переднем конце выдвинутой в среднее положение гильзы шпинделя, т. е. в ближайшей к инструменту зоне, при трех скоростях вращения

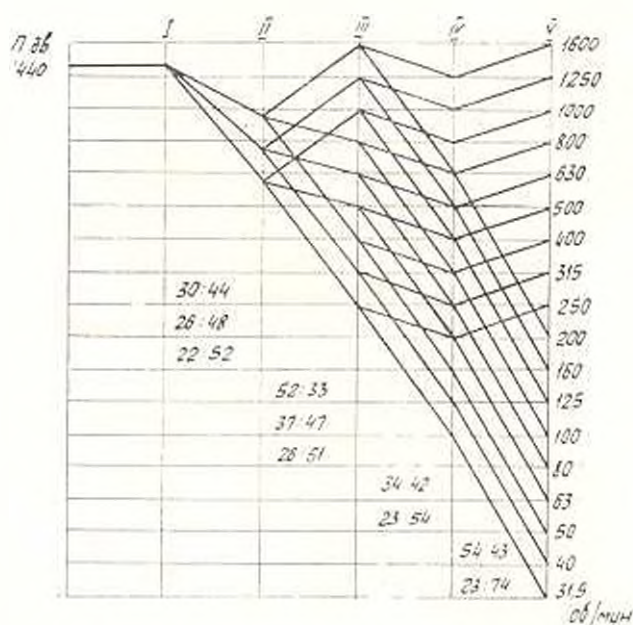


Рис. 3. Структурная сетка шпиндельной бабки фрезерного станка.

шпинделя. Назначение трех скоростей диктуется стремлением к упрощению процедуры контроля и необходимостью охвата всех звеньев кинематики (тройные блоки зубчатых передач).

В режиме 31,5 об/мин превалирует вибрация привода и звеньев первых валов, при 160 об/мин выделяется вибрация промежуточных валов и понижающей передачи, а в режиме 1600 об/мин подчеркиваются дефекты шпиндельного узла и повышающей передачи. Выбор во втором случае 160, а не 200 об/мин обуславливается необходимостью включения пары 26 : 48 между валами I—II, в то время как пара 30 : 44 уже включается при 1600 об/мин. Контроль в этих условиях одновременно дает и первичную информацию для последующей диагностики (при ее необходимости). Так, в случае № 3 (рис. 1) дефекты следует искать в области привода, в случае № 6—шпиндельного узла, а в случае № 1—вала III и понижающей передачи.

Результаты измерения заносятся в специальный формуляр. Измере

ние осуществляется пьезоакселерометрами, отличающимися малыми габаритами, удобством установки (вплоть до прижима рукой) и плоской частотной характеристикой во всем рассматриваемом диапазоне частот. Чувствительность датчика типа ИПА-9, равная 280 мВ/g позволяет при измерении виброскорости $0,05 \text{ мм/сек}$ (на порядок ниже уровня значимости) на минимальной частоте 10 Гц получить сигнал $0,1 \text{ мВ}$, что, как правило, значительно выше уровня шумов на входе широкополосных усилителей. Измерение может производиться комплектом аппаратуры типа ВА-2, либо любым широкополосным усилителем с входным сопротивлением не менее $4 \div 5 \text{ МОм}$, к выходу которого через интегрирующую RC-цепочку включается электронный квадратический вольтметр.

Нормы суммарной виброскорости отдельных узлов станка могут существенно различаться по величине, оказаться даже несоизмеримыми, но тем не менее отражать существенные дефекты в соответствующих им узлах. Так, виброскорость отдельно взятого шпиндельного узла чувствительна к дефектам прецизионных шпиндельных подшипников и деталей, определяющих условия их монтажа, что крайне важно для таких характеристик станка, как длительное сохранение точности, нагрев и долговечность шпиндельного узла. Например, изменение некруглости отверстия гильзы в месте посадки переднего двухрядного роликового подшипника приводило к увеличению V_x шпиндельного узла с $0,1$ до $0,2 \text{ мм/сек}$. Естественно, что виброскорость всей шпиндельной бабки, находящаяся на уровне $2 \div 5 \text{ мм/сек}$ (рис. 1), нечувствительна к подобным изменениям условий работы шпиндельного подшипника, так как она, в основном, определяется двигателем, коробкой скоростей, дисбалансами шестерни-маховика и шпинделя. Поэтому шпиндельный узел должен контролироваться отдельно при его обкатке после узловой сборки, норма его виброскорости столь же значима для стабилизации качества, как и на порядок большая норма шпиндельной бабки в целом.

Относительно второй операции—вибродиагностики—отметим, что, поскольку целью является выявление дефектов с последующей заменой (исправлением) детали либо соответствующей настройкой регулируемых элементов, то основными классификационными признаками должны быть сборочная единица (например, зубчатое колесо, шарикоподшипник, электродвигатель) и элементы взаимного положения (например, натяг подшипника, перекос зубчатого колеса, прилегание стыка). Если шарикоподшипник комплектуется во время сборки, то его дефекты классифицируются более дифференцированно (шары, кольца, сепаратор). При этом не ставится задача подмены средств размерного контроля—важно лишь распознать дефектную деталь, являющуюся причиной значимой спектральной составляющей. После ее извлечения любые измерения можно легко осуществить отработанными средствами размерного контроля. В плане замены дефектной детали с минимальным объемом сборочных работ важнее, например, указать, какое из двух зубчатых колес передачи дефектно, чем предсказать действительную причину повышенной вибрации на частоте пересоприжения зубьев.

Изменение резонансных свойств упругой системы, воспринимающей силовые воздействия дефектных вращающихся элементов, также является следствием дефектов изготовления (например, плохой пригонки или затяжки стыков). В случае выявления значимой составляющей на собственной частоте системы важно различить ее причину—дефекты, возбуждающие резонанс, от дефектов, изменяющих резонансные свойства (демпфирование, собственную частоту).

Созданию производственной системы вибродиагностики узла должно предшествовать его детальное исследование, заключающееся в разработке или применении моделей возбуждения вибрации отдельными элементами (пример—[6]), выявлении частотных характеристик узла, выработка ограниченного количества приемов, позволяющих выделять дефекты (отключение некоторых зубчатых блоков коробки скоростей, изменение скорости вращения, измерение эллипсов вибрации [7] отдельных составляющих ортогональными вибродатчиками и др.). Например, исследование влияния на составляющую виброскорости с частотой вращения шпинделя четырех дефектов: дисбаланса шпинделя I (рис. 4), дисбаланса и эксцентриситета начальной окружности шестер-

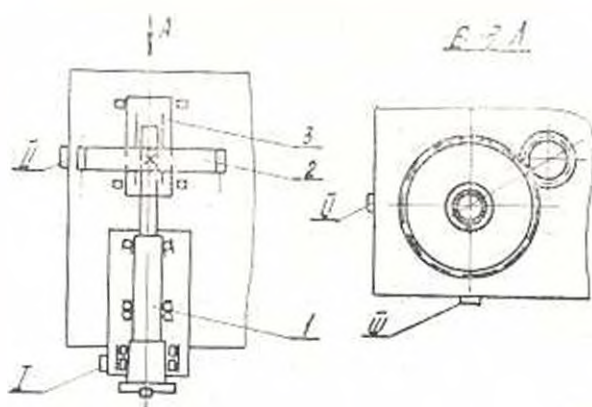


Рис. 4. Расположение точек измерения составляющей частоты вращения на шпинделе.

ни-маховика 2, несоосности шпинделя с полым шлицевым валом 3, — позволило установить простые приемы разделения этих дефектов. Достаточно сравнить амплитуды составляющей, измеренные в точках I и II, чтобы большая из них указала на дефектную деталь (I или 2, соответственно), поскольку коэффициент влияния на соответствующую точку оказался в пять раз выше, чем на противоположную. Далее, достаточно сравнить составляющие, измеренные в точках II и III путем, например, получения фигуры Лиссажу (эллипса вибрации), чтобы разделить дисбаланс и эксцентриситет начальной окружности детали 2, поскольку дисбаланс порождает вращающийся вектор вибрации, а эксцентриситет — пульсирующий в точке зацепления, обуславливающий [1] неравенство осей эллипса вибрации. Наконец, оказалось, что несоосность дета-

лей 1 и 3 (в пределах реально возможной несоосности) влияет слабо, поскольку компенсируется введенным зазором по базирующему диаметру шлицевого соединения.

Диагностическая операция, в принципе, может целиком выполняться на универсальной аппаратуре, основу которой составляют узкополосные анализаторы гетеродинного (С4-12, СК4-26, С5-3) и резонансного (Ф510, Ф582, В6-4) типов вместе с описанной выше аппаратурой для измерения виброскорости. Основными требованиями к диагностической процедуре являются быстрота принятия решений в условиях производства и их статистическая достоверность.

Поступило 20.VI 1975.

Մ. Ա. ԵՍԿԱՆ, Ա. Վ. ԵՃՈՐԴՅԱՆ, Գ. Ս. ՄԱՐԿՈՍՅԱՆ

ՀԱՍՏՈՑՆԵՐԻ ՈՐԱԿԻ ԿԱՅՈՒՆԱՑՄԱՆ ՀԱՐՅԻ ՇՈՐՋԸ

Ա. Վ Ս Ի Ս Վ Ի Ս Ա Վ

Հաստոցի պարապ ընթացքի թրթռուժը դիտվում է որպես պատրաստման ու հավաքման որակի ունիվերսալ ցուցանիշ, որը հնթակա է նորմավորման ու ստուգման և ինֆորմացիա է կրում անսարքությունների մասին: Ցույց է տրված, որ թրթռաարագությունը բարձր դպչնություն ունի տարրեր անսարքությունների նկատմամբ: Գումարային թրթռաարագությունը նորմալից դուրս լինելու դեպքում հաստոցը հնթակա է թրթռադիադնոստիկայի՝ անսարքությունները հայտնաբերելու ու վերացնելու նպատակով: Խնդիրը լուծված է սպեկտրալ հետադոտուժյան հիման վրա:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Авакян В. А., Бровман Я. С., Демирчян К. С., Шмутер С. Л. Вибрация и дисбаланс электрической машины. "Электротехника", № 7, 1974.
2. Кудинова В. А. Динамика станков. Изд. "Машиностроение", М., 1967.
3. Есаян М. А. Исследование колебаний и устойчивости системы (ППД) в их взаимосвязи при непрерывном резании. Докторская диссертация, Ереван, 1974.
4. Baxter R., Bernhard D. Vibration—an indicating tool. "Mechanical Engineering", v. 90, № 3, 1968.
5. BeurteilungsmaBstabe fur mechanische Schwingungen von Maschinen. VDI-Richtlinien, № 2056, August, 1960.
6. Бровман Я. С., Демирчян К. С., Шмутер С. Л. О зависимости спектра вибрации от форм дефектов асинхронного электродвигателя. "Известия АН Арм ССР, серия техн. наук", т. XXVI, № 3, 1973.
7. Бровман Я. С., Демирчян К. С., Шмутер С. Л. Диагностика источников вибрации асинхронного двигателя. "Электротехника", № 1, 1973.

Л. Б. МКРТЧЯН

К СИНТЕЗУ КУЛИСНО-КАРДАННОГО МЕХАНИЗМА ПРИБЛИЖЕННО-РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ

В данной работе для получения приближенно-равномерного движения используется сочетание механизма главного привода строгального станка с одинарным карданным шарниром.

В действующем прототипе рассматриваемого механизма ввиду нелинейности передаточной функции равномерное вращение кривошипа преобразуется в нежелательное (с технологической точки зрения) неравномерное движение выходного ползуна. Для «компенсации» указанной неравномерности в предлагаемом механизме кривошипу сообщается движение посредством промежуточного карданного шарнира, геометрические параметры которого определяются по условию минимального отклонения от постоянной скорости ползуна 5 (рис. 1). По своей постановке задача относится к известному классу «минимаксных» задач, обычно решаемых методом Чебышева.

Для составления выражения минимизируемой функции выведем зависимость скорости ползуна 5 от искоемых параметров проектируемого кулисно-карданного механизма.

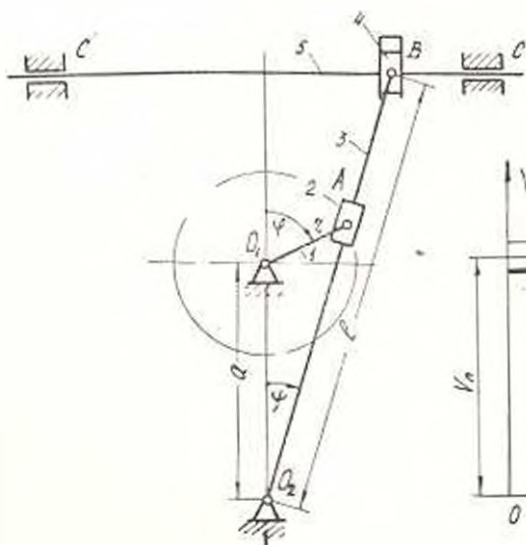


Рис. 1

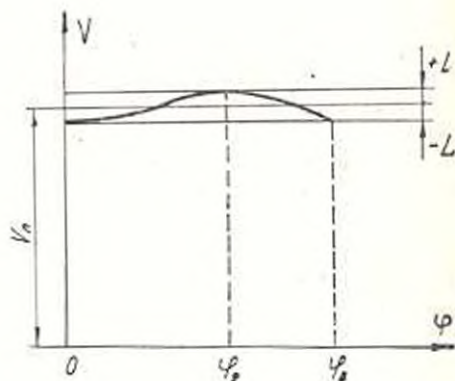


Рис. 2

Из рис. 1 непосредственно следует, что

$$v = \omega_3 l \cos \psi, \quad (1)$$

где ω_3 — угловая скорость кулисы 3; l — длина кулисы 3; ψ — угол поворота кулисы.

Угловая скорость кулисы 3 определяется по формуле [1]:

$$\omega_3 = \omega \frac{r(a \cos \varphi + r)}{(a^2 + r^2 + 2ar \cos \varphi)}, \quad (2)$$

где ω — угловая скорость кривошипа 1; r — длина кривошипа; φ — угол поворота кривошипа; a — расстояние между центрами вращения кривошипа и кулисы.

Подставляя значение ω_3 из [2] в формулу (2), получим:

$$\omega_3 = \omega \cos \alpha (\operatorname{tg}^2 \alpha \sin^2 \varphi + 1) \frac{r(a \cos \varphi + r)}{(a^2 + r^2 + 2ar \cos \varphi)}, \quad (3)$$

$\cos \varphi$ определяется выражением:

$$\cos \varphi = \frac{a + r \cos \varphi}{\sqrt{a^2 + r^2 + 2ar \cos \varphi}} \quad (4)$$

Используя (3) и (4), формула (1) запишется в виде:

$$v = \omega l \cos \alpha (\operatorname{tg}^2 \alpha \sin^2 \varphi + 1) \frac{r(a \cos \varphi + r)(a + r \cos \varphi)}{\sqrt{(a^2 + r^2 + 2ar \cos \varphi)^3}} \quad (5)$$

Задача состоит в том, чтобы полученную зависимость приблизить к постоянной величине, для чего составляется выражение их разности (рис. 2)

$$\omega l \cos \alpha (\operatorname{tg}^2 \alpha \sin^2 \varphi + 1) \frac{r(a \cos \varphi + r)(a + r \cos \varphi)}{\sqrt{(a^2 + r^2 + 2ar \cos \varphi)^3}} - v_{II} = \delta(\varphi). \quad (6)$$

Для получения наилучшего приближения отклонение $\delta(\varphi)$ должно в точках $\varphi_1=0$, φ_2 и φ_3 достичь равных по модулю и знаку противоположных предельных значений $\pm L$.

$$\delta(\varphi_1) = -L; \quad \delta(\varphi_2) = +L; \quad \delta(\varphi_3) = -L. \quad (7)$$

Кроме того, согласно рис. 2 в точке $\varphi = \varphi_2$ обращается в нуль первая производная $\delta(\varphi)$, т. е.

$$\delta'(\varphi_2) = 0. \quad (8)$$

После преобразований это условие приводится к виду:

$$E(KM \operatorname{tg}^2 \alpha \sin 2\varphi_2 - MNa \sin \varphi_2 - KNr \sin \varphi_2) + 3KMNa r \sin \varphi_2 = 0,$$

где

$$E = a^2 + r^2 + 2ar \cos \varphi_2; \quad K = a \cos \varphi_2 + r;$$

$$N = \operatorname{tg}^2 \varphi \sin^2 \varphi_2 + 1;$$

$$M = a + r \cos \varphi_2.$$

Минимизируемая функция $\delta(\varphi)$ зависит от величин a , l , r , φ_0 , φ_2 , ω , φ_2 , α . Зададимся для простоты значениями первых пяти и определим оставшиеся четыре по условию наименьшего отклонения от нуля величины $\delta(\varphi)$. Фиксируя a , l и φ_0 и варьируя значениями свободных параметров r и φ_2 , решаем систему уравнений (7) и (8) относительно ω , δ , φ_2 и α . В процессе расчетов на ЭВМ получен ряд вариантов механизма, соответствующих различным сочетаниям φ_0 и a/r . По результатам вычислений построены справочные карты (рис. 3), позволяющие в каждом конкретном случае подобрать с конструктивной точки зрения оптимальный вариант.

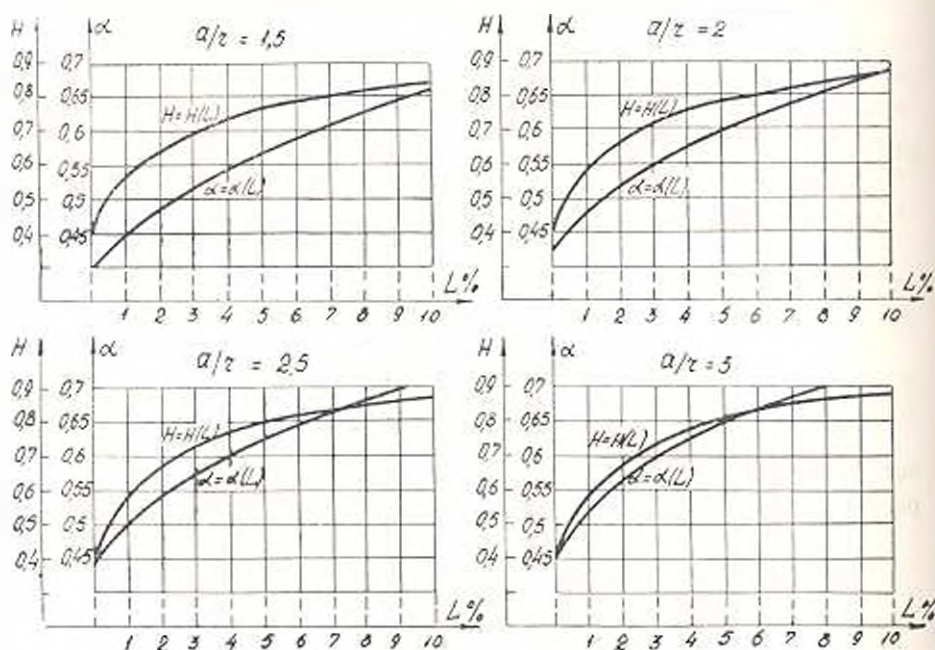


Рис. 3

Отношение длины участка приближен по-равномерного хода к общему ходу ползуна

$$H = \frac{\sin \varphi_2}{\sin \varphi_{\max}}$$

где угол поворота φ_2 кулисы соответствует углу φ_2 кривошипа, а угол $\varphi_{\max}$ — крайнему положению кулисы.

Как видно из графиков, при увеличении отклонения скорости L возрастают отношения H и угол между осями карданного шарнира α . Если сравнить сочетание кулисного механизма с карданным шарниром и синусного механизма с карданным шарниром, то в первом

случае угол α между осями карданного шарнира оказывается гораздо меньшим, что улучшает динамические характеристики механизма. Из графиков также видно, что при увеличении отношения a/r при одном и том же угле α в несколько раз повышается точность приближенно-равномерного движения.

ЕрПМ им. К. Маркса

Поступило 7 V 1975.

Լ. Ք. ՄԿՐՏՅԱՆ

ՄԱՏԻՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՀԱՐԺՄԱՆ ԿՈՆԼԻՄԱ-ԿԱՐԴԱՆԱՅԻՆ ՄԵԿԱՆԻԶՄԻ ՍԻՆԹԵԶԻ ՇՈՒՐՋՐ

Ա. Մ. Փ. Ն. Փ. Ն. Փ.

Հոդվածում դիտվում է մոտավոր-հավասարաչափ շարժման ստացումը, որին կարելի է հասնել կարգանային և կոլիսային մեխանիզմները հաջորդաբար իրար միացնելով: Որոշված են նոր մեխանիզմի պարամետրները: Բերված գրաֆիկները նկատում են մեխանիզմի պարամետրները որոշելու:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Баранов Г. Г. Курс теории механизмов и машин. Изд. «Машиностроение», 1967
2. Мкртчян Л. Б. К синтезу механизмов приближенно-равномерного движения. «Известия ВУЗов. Машиностроение», № 1, 1971

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Р. С. РАФАԷԼԻԱՆ, А. М. МИРЗОЯН, Г. Л. КАНТАРДЖИАН

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ИНЕРЦИОННЫХ
ОБЪЕКТОВ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

1. Метод решения задачи. Рассмотрим модель объекта, представляющую собой последовательное соединение нелинейной части с экстремальной характеристикой $y^* = f(x)$ и линейной части, аппроксимируемой аperiodическим звеном первого порядка. Характеристика $y^* = f(x)$ унимодальна и допускает разрывы непрерывности второго рода. Учитывается влияние на выходе объекта высокочастотной помехи $\xi(t)$, представляющей аддитивный стационарный случайный процесс с нулевым математическим ожиданием и ограниченной дисперсией. При совершении j -го входного смещения в объекте под влиянием возмущающей ступеньки происходит переходный процесс, описываемый дифференциальным уравнением [1]

$$T\dot{y}_j(t) + y_j(t) = f(x_j). \quad (1)$$

Во избежание накопления ошибок при реализации алгоритма оптимизации используется рекуррентное решение уравнения (1):

$$y_j(t) = f(x_j) - a_j \exp\left(-\frac{t-t_{j-1}}{T}\right), \quad (2)$$

где $t_j = t_{j-1} + \tau_j$; τ_j — промежуток времени, необходимый для N замеров динамического выхода;

$$a_1 = f(x_1) - y_0 \quad \text{при } j = 1;$$

$$a_j = f(x_j) + a_{j-1} \exp\left(-\frac{\tau_j}{T}\right) - f(x_{j-1}) \quad \text{при } j = 2, 3, \dots$$

Для нахождения экстремума статической характеристики $y^* = f(x)$ выводится модифицированная процедура стохастической аппроксимации. Согласно методу стохастической аппроксимации [3] для совершения рабочего шага вычисляется средний угловой коэффициент по двум значениям статической характеристики — $y(x_j + c)$ и $y(x_j - c)$, соответствующим значениям входного параметра $x_j + c$ и $x_j - c$. Осуществляя N замеров переходного процесса через интервалы времени τ и используя метод наименьших квадратов, находим оценки вышеуказанных значений статической характеристики.

Пусть в момент t_j произведено первое поисковое смещение c и $x_j^+ = x_j + c$, тогда найденная МНК-оценка значения статической характеристики представится выражением:

$$\hat{f}(x_j^+) = \frac{1}{\Delta} \left[\sum_{k=0}^{N-1} \exp\left(-\frac{2k\tau}{T}\right) \sum_{q=0}^{N-1} y_{jq}^+ - \sum_{k=0}^{N-1} \exp\left(-\frac{k\tau}{T}\right) \sum_{q=0}^{N-1} \exp\left(-\frac{k\tau}{T}\right) y_{jq}^+ \right], \quad (3)$$

где

$$\Delta = N \sum_{k=0}^{N-1} \exp\left(-\frac{2k\tau}{T}\right) - \left[\sum_{k=0}^{N-1} \exp\left(-\frac{k\tau}{T}\right) \right]^2;$$

y_{jk}^+ — измеренные значения переходного процесса в моменты времени $k\tau$, $k=0, 1, 2, \dots, N-1$.

Через $\tau_1 = (N-1)\tau$ производится второе поисковое смещение $-c$, $x_j^- = x_j - c$ и находится соответствующая МНК-оценка:

$$\hat{f}(x_j^-) = \frac{1}{\Delta} \left[\sum_{k=0}^{N-1} \exp\left(-\frac{2k\tau}{T}\right) \sum_{q=0}^{N-1} y_{jq}^- - \sum_{k=0}^{N-1} \exp\left(-\frac{k\tau}{T}\right) \sum_{q=0}^{N-1} \exp\left(-\frac{k\tau}{T}\right) y_{jq}^- \right]. \quad (4)$$

По двум найденным оценочным значениям статической характеристики вычисляется средний угловой коэффициент

$$z_j = \frac{\hat{f}(x_j^+) - \hat{f}(x_j^-)}{2c},$$

знак которого определяет целесообразное направление дальнейшего поиска. На j -ом шаге алгоритм поиска экстремума представляется выражением:

$$x_j = x_{j-1} + \delta x_j, \quad (5)$$

где $\delta x_j = z_j a_e$ — рабочее приращение входного параметра;

a_e — последовательность положительных чисел, формирующих величину рабочего шага.

Выведенный алгоритм обеспечивает ускоренную сходимость поиска к экстремуму. Ускорение достигается, в основном, за счет прогнозирования значений статической характеристики по информации о начальной части переходных процессов, а также за счет использования больших рабочих шагов вдали от экстремума и малых вблизи от экстремума, что достигается посредством уменьшения длины шага лишь при изменении направления поиска.

2. Оценка параметра $D[f(x_j)]$. Величина ошибки, с которой находится оценка $f(x_j)$, равна [2]:

$$D[\hat{f}(x_j)] = \sigma^2 \left(N - \frac{\left[1 - \exp\left(-\frac{N\tau}{T}\right) \right] \left[1 + \exp\left(-\frac{\tau}{T}\right) \right]}{\left[1 + \exp\left(-\frac{N\tau}{T}\right) \right] \left[1 - \exp\left(-\frac{\tau}{T}\right) \right]} \right)^{-1}. \quad (6)$$

Для случая неизвестной σ^2 получим несмещенную оценку $\hat{\sigma}^2$, используя остаточную сумму квадратов, представляющую собой минимальное значение суммы квадратов невязок

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{k=0}^{N-1} \left\{ y_{jk} - \hat{f}(x_j) + \hat{a}_j \exp\left(-\frac{k\tau}{T}\right) \right\}^2}{N-2}, \quad (7)$$

где
$$\hat{a}_j = \frac{1}{\Delta} \left| \sum_{k=0}^{N-1} \exp\left(-\frac{k\tau}{T}\right) \sum_{k=0}^{N-1} y_{jk} - N \sum_{k=0}^{N-1} \exp\left(-\frac{k\tau}{T}\right) y_{jk} \right|;$$

y_{jk} — измеренные значения динамического выхода в моменты времени $k\tau$.

Следовательно, несмещенная оценка

$$\hat{D}[\hat{f}(x_j)] = \hat{\sigma}^2 \left(N - \frac{\left| 1 - \exp\left(-\frac{N\tau}{T}\right) \right| \left| 1 + \exp\left(-\frac{\tau}{T}\right) \right|}{\left| 1 + \exp\left(-\frac{N\tau}{T}\right) \right| \left| 1 - \exp\left(-\frac{\tau}{T}\right) \right|} \right)^{-1}. \quad (8)$$

Используя (8), можно адаптировать поиск к случайной помехе $\xi(t)$, в зависимости от ее интенсивности, за счет выбора числа N измерений в каждом шаге, исходя из условия $D[\hat{f}(x_j)] < D_{\text{пр}}$, где значение $D_{\text{пр}}$ выбирается из свойств объекта и желаемой точности достижения экстремума, диктуемой технологическим регламентом.

Ереванский завод «Поливинилацетат»

Поступило 5.IV.1976

Թ. Ս. ՌԱՅԱՅԵԼՅԱՆ, Տ. Մ. ՄԵՐՉՈՅԱՆ, Գ. Լ. ՂԱՆՔԱՐՋՅԱՆ

ԱՌԱՋԻՆ ԿԱՐԳԻ ՈՉԳՆԱՅԻՆ ԻՆԵՐՑԻՈՆ ՈՐՅԵՆՏՆԵՐԻ ՕՊՏԻՄԻԶԱՑԻԱՅԻ
ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋՐ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հողի մասում արտածված է ստոխաստիկ մոտարկման մոդիֆիկացված պրոցեսորա, որն իրենից ներկայացնում է անցողիկ պրոցեսի նախադուրանման մեթոդի և Կիֆեր-Վոլֆովից-Կեստենի «մաքուր» պրոցեսորայի սինթեզ: Ստացված ալգորիթմը հնարավորություն է ընձեռնում օդաչուորեն այդ պրոցեսորան իններքին օբյեկտների օպտիմիզացիայի ժամանակ: Այդ դեպքում ապահովվում է էքստրեմումի արագ փնտրումը՝ ի հաշիվ ստատիկական ընդլայնի արժեքների նախադուրանման ըստ անցողիկ պրոցեսի սկզբնական մասի ինֆորմացիայի:

ЛИТЕРАТУРА

1. Казакевич В. В. Основы теории поисковых систем экстремального регулирования. Техническая кибернетика, кн. 3, ч. II, 1969.
2. Казакевич В. В., Мочалов И. Л. О количестве измерений при экстремальном управлении инерционными объектами первого порядка. Автоматика и телемеханика, № 10, 1973.
3. Kesten H. Accelerated Stochastics Approximation. "The Annals of Mathematical Statistics", 1968, vol. 29, № 1.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

С. О. МКРТЧЯՆ, В. И. ГАЗИЯՆ, Г. С. ГАСПАРՅԱՆ

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО N-НЕЙРОНА

Логические элементы нейронного типа представляют значительный интерес с точки зрения их использования в устройствах автоматики и вычислительной техники. Впервые модель такого элемента была предложена Мак-Каллохом [1].

В [2, 3] приводятся алгоритмы синтеза оптимального формального нейрона (ФН) Мак-Каллоха по заданной пороговой диаграмме (ПД). В [4, 5] предложены модели ФН, отличающиеся от ФН Мак-Каллоха типом взаимодействия входных волокон. В этих же работах описаны алгебраические методы синтеза ФН по заданной ПД, позволяющие получить однозначное решение.

Наибольший практический интерес представляет задача синтеза оптимального ФН по заданной булевой функции F , которая, однако, не решена до настоящего времени.

В данной работе решается задача синтеза ФН с заданным взаимодействием волокон типа «разрешение», который далее будем называть N -нейроном.

N -нейроном называется n -входовой формальный нейрон с $(2^n - 1)$ взаимодействиями типа «разрешение», работа которого описывается выражением

$$f_i = \operatorname{sign} \left| \sum_{j=1}^{2^n-1} \omega_j a_{ij} - T \right|, \quad (1)$$

$$(i = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1)$$

где f_i — значение функции F на i -ом двоичном наборе входных переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$; a_{ij} — значения j -го взаимодействия a_j на i -ом двоичном наборе входных переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$; ω_j — вес j -го взаимодействия; T — порог нейрона.

Функция $\operatorname{sign} \varphi$ определяется следующим образом:

$$\operatorname{sign} \varphi = \begin{cases} 1, & \text{если } \varphi \geq 0, \\ 0, & \text{если } \varphi < 0. \end{cases}$$

Отметим, что f_i и $a_{ij} \in \{0, 1\}$, ω_j и T принимают любые целочисленные значения. При этом j -ое взаимодействие включает в себя только те переменные, которым соответствуют «единичные» компоненты двоичного вектора $j = (j_n, j_{n-1}, \dots, j_1)$. Например, ω_3 — вес взаимодействия x_2, x_3 , так как $j_3 = j_2 = 1$, а $j_1 = 0$ ($6_{10} = 110_2$).

Пусть логическая функция задана набором значений $F = \{f_i\}$. Из определения функции $\operatorname{sign} \varphi$ следует, что

$$\sum_{j=1}^{2^n-1} \omega_j a_{ij} - T \begin{cases} \geq 0, & \text{если } f_i = 1, \\ < 0, & \text{если } f_i = 0. \end{cases} \quad (2)$$

$$(i = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1)$$

Введением дополнительных неизвестных $z_i \geq 0$ система неравенств (2) сводится к системе равенств

$$\sum_{j=1}^{2^n-1} w_j a_{ji} - T = \begin{cases} z_i & \text{для } f_i = 1, \\ -z_i - 1 & \text{для } f_i = 0. \end{cases} \quad (3)$$

или

$$\sum_{j=1}^{2^n-1} w_j a_{ji} = T + (2f_i - 1)z_i + f_i - 1. \quad (4)$$

$$(i = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1)$$

Введем критерий оптимума И-нейрона. Как известно, при технической реализации ФП или пороговых элементов [6, 7] основным ограничивающим фактором является сумма абсолютных величин весов

$\sum_{j=1}^{2^n-1} |w_j|$. Для И-нейронов важную роль играет также значимость взаимодействия, т. е. количество входов в данное взаимодействие. Поэтому в качестве критерия оптимума И-нейрона принимаем функционал $\sum_{j=1}^{2^n-1} [j] |w_j|$, где $[j]$ — количество единиц в двоичном представлении числа j , $|w_j|$ — абсолютное значение веса j -го взаимодействия.

И-нейрон называется оптимальным, если его параметры обеспечивают минимум функционала

$$R = \sum_{j=1}^{2^n-1} [j] |w_j|. \quad (5)$$

Таким образом, задача синтеза оптимального И-нейрона представляет собой задачу минимизации функционала (5) при ограничивающих условиях (4).

Покажем, что данная задача сводится к эквивалентной задаче линейного программирования. Воспользуемся для этого методом, предложенным в [8]. Представим переменную w_j в виде разности двух неотрицательных чисел, т. е. $w_j = w_j - w_j'$. При этом система (4) принимает вид:

$$\sum_{j=1}^{2^n-1} w_j' a_{ji} - \sum_{j=1}^{2^n-1} w_j a_{ji} + T + (2f_i - 1)z_i = 1 - f_i, \quad (6)$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1.$$

Запишем систему равенств (6) в векторной форме:

$$\sum_{j=1}^{2^n-1} A_j w_j' - \sum_{j=1}^{2^n-1} A_j w_j + \sum_{j=1}^{2^n-1} A_{2^n+1} z_j + A_{2^n+1} T = A_0. \quad (7)$$

Все векторы равенства (7) являются векторами-столбцами, причем вектор $A_{2^{n+1}}$ представляет собой единичный вектор, а векторы A_j , A_{2^n+j} и A_0 определяются следующим образом:

$$A_j = [a_{ij}]; \quad A_{2^n+j} = [b_{ij}]; \quad A_0 = [1-f_i],$$

где

$$b_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{при } i \neq j, \\ 2f_i - 1 & \text{при } i = j, \end{cases}$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1.$$

Согласно теореме, приведенной в [8], необходимым и достаточным условием того, чтобы совокупность неотрицательных чисел определяла координаты вершин многогранника условий, является линейная независимость системы векторов при ненулевых компонентах. В векторном уравнении (7) векторы A_j при неизвестных w_j^+ и w_j^- одинаковые, значит, по крайней мере одна из неизвестных w_j^+ и w_j^- равна нулю. Так как по условию $w_j^+ \geq 0$ и $w_j^- \geq 0$, то очевидно равенство

$$|w_j^+ - w_j^-| = w_j^+ + w_j^-. \quad (8)$$

С учетом (8) функционал R записывается в линейной форме

$$R = \sum_{j=1}^{2^n-1} |j| (w_j^+ + w_j^-). \quad (9)$$

Введем единое обозначение для переменных w_j^+ , w_j^- , T и z_j :

$$w_j^+ = Z_{2j-1}; \quad w_j^- = Z_{2j}; \quad T = Z_{2^{n+1}-1}; \quad z_0 = Z_{2^{n+1}};$$

$$z_j = Z_{2^{n+1}+j}; \quad j = 1, 2, \dots, 2^n - 1.$$

Функционал R и система (6) при принятых обозначениях имеют вид:

$$R = \sum_{j=1}^{2^n-1} |j| (Z_{2j} + Z_{2j-1}); \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^{2^n-1} [a_{ij}(Z_{2j} - Z_{2j-1})] + \sum_{j=0}^{2^n-1} b_{ij} Z_{2^{n+1}+j} = 1 - f_i,$$

где $i = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1$;

$$b_{ij} = \begin{cases} 2f_i - 1 & \text{при } i = j, \\ 0 & \text{при } i \neq j. \end{cases} \quad (11)$$

Таким образом, задача синтеза оптимального И-нейрона по заданной функции F сводится к задаче минимизации линейной формы (10) при ограничивающих условиях (11).

Общее число переменных M и ограничивающих условий N определяется по формулам:

$$M = 3 \cdot 2^n; \quad N = 2^n.$$

Для решения задачи синтеза И-нейрона были использованы стандартные подпрограммы симплекс-метода линейного программирования, имеющиеся в ЭВМ „Наири-2“ и „Минск-22М“.

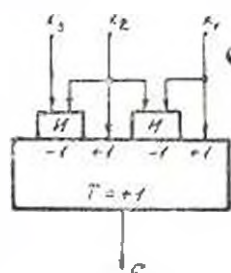


Рис. 1.

Пример. Синтезировать оптимальный И-нейрон, реализующий функцию $F = x_1 x_2 \vee x_2 x_3$.

При решении этого примера на ЭВМ „Минск-22М“ были получены следующие значения ненулевых переменных:

$Z_1 = Z_2 = Z_4 = Z_{12} = Z_{13} = +1$ (т. е. $w_1 = w_2 = T = +1$); $w_3 = w_6 = -1$.

Нетрудно убедиться, что весовым коэффициентам w_1 , w_2 , w_3 и w_6 соответствуют взаимодействия x_1 , x_2 , $x_1 x_2$ и $x_2 x_3$. Оптимальный И-нейрон с полученной структурой показан на рис. 1. Значение функционала R для указанного И-нейрона равно 6.

ЕрНИИММ

Поступило 20.IV.1976.

Ս. Հ. ՄԿՐՏՉԱՆ, Վ. Ե. ԿԱԶԻՅԱՆ, Գ. Ս. ԿԱՍՊԱՐՅԱՆ

«ԵՎ» ՏԻՊԻ ՕՊՏԻՄԱԼ ՆԵՅՐՈՆԻ ՍԻՆԹԵԶԸ

Ս. Ճ Վ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հոգվածում դիտվում են «ԵՎ» տիպի ֆորմալ նեյրոնի սինթեզման հարցերը: Բերված է «ԵՎ» տիպի ֆորմալ նեյրոնի սահմանումը և սինթեզման խնդիրը ըստ տրված բուլջան ֆունկցիայի: Ցույց է տրված, որ աչդ խնդիրը բերվում է գծային ծրագրավորման: Բերված է օպտիմալ «ԵՎ» նեյրոնի սինթեզման օրինակ:

ЛИТЕРАТУРА

1. *Mac Culloch W. S.* Agathe Tyche of Nervous Nets— the Lucky Reckoners. Proc. Symp. of Mech. of Thought Proc., N. P. I., Teddington, 1958.
2. *Scott R. I.* Construction of a Neuron Model. IRE Trans. on BME, vol. BME—8, No 5, 1961.
3. *Гитчин Н. Б., Кузичев А. С.* Бионика и надежность. М., «Наука», 1967.
4. *Мкртчян С. О.* О модели ФН с объединяющимися полками, «Изв. АН СССР. Техн. хиб.», № 3, 1970.
5. *Мкртчян С. О.* Нейроны и нейронные сети. М., «Энергия», 1971.
6. *Вивилон Е. Н.* и др. Спители схем на пороговых элементах. М., Изд. «Сов. радио», 1970.
7. *Мкртчян С. О.* Комплекс пороговых логических элементов для проектирования ЦВМ. ВРЭ, серия ЭВТ, вып. 4, 1972.
8. *Юдин Д. Б., Гольштейн Е. Г.* Задачи и методы линейного программирования. М., изд. «Сов. радио», 1971.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

В. О. ВАНУМЦ, Я. И. НИКОЛАПЧУК, С. Д. ТРИФОНОВ,
Л. Д. ТРИФОНОВА, Ф. И. ЧЕРЯВИН

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРОПИТОЧНЫХ
РАСТВОРОВ ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В лабораторных условиях для измерения концентрации пропиточных растворов широко применяется весовой метод, основанный на определении весовых соотношений армирующего материала, пропитанного связующим раствором произвольной концентрации, и этого же количества армирующего материала после выжигания связующего [1]. Обеспечивая достаточно высокую точность определения концентрации пропиточного раствора, этот метод не дает представления о ходе изменения концентрации связующего в процессе изготовления армированных пластиков на промышленных установках непрерывного действия.

В настоящей работе дается теоретическое обоснование и экспериментальное исследование фотометрического абсорбционного метода измерения концентрации полимерных растворов и приводятся результаты разработки прибора для непрерывного автоматического контроля концентрации растворов непосредственно в процессе пропитки армирующего материала.

Фотоэлектрические приборы (фотометры), основанные на измерении интенсивности лучистой энергии, частично поглощенной (абсорбированной) молекулами вещества, широко применяются для количественного анализа данного вещества в составе слабого раствора или в составе газовой смеси при низком давлении [2, 3]. При этом предполагается, что молекулы вещества не взаимодействуют между собой и поглощение раствором лучистой энергии точно следует закону Бугера—Ламберта—Бера

$$P = P_0 e^{-\alpha C d}, \quad (1)$$

где P_0 и P — соответственно интенсивности лучистых потоков на входе в слой поглощающего вещества толщиной d и на выходе из него;

α — показатель поглощения, характерный для каждого данного вещества;

C — концентрация вещества в растворе.

При больших концентрациях и наличии полимеров в растворе закон Бера нарушается, так как из-за взаимодействия между близкорасположенными молекулами и структурирования поглощающего вещества величина α начинает зависеть от концентрации раствора. При этом,

очевидно, формула (1) существенно усложняется, однако зависимость $P=P(C)$ может быть найдена экспериментально и в дальнейшем использована для градуировки измерительного прибора.

Связующие, применяемые в производстве армированных пластиков, в большинстве случаев (при ограниченной толщине слоя) представляют собой оптически прозрачную среду в видимом диапазоне длин волн. Эти же связующие практически полностью поглощают более короткие ультрафиолетовые волны, причем оптическая плотность связующего, измеренная при фиксированном значении длины волны, возрастает с увеличением числа его молекул или концентрации.

На рис. 1 представлено семейство спектральных характеристик

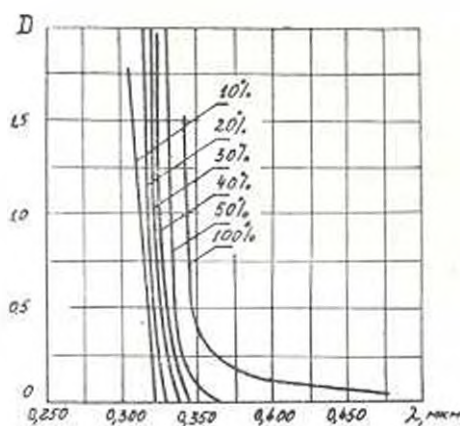


Рис. 1 Семейство спектральных характеристик поглощения растворов связующих на основе эпоксидных смол при различных значениях концентрации связующего

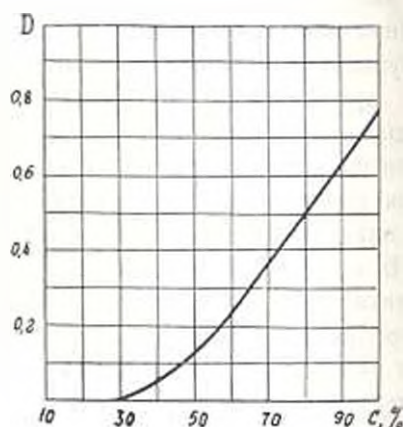


Рис. 2. Зависимость оптической плотности растворов от концентрации связующих при постоянной толщине слоя.

поглощения (в диапазоне длин волн от 250 до 500 нм) связующих на основе эпоксидных смол при различных значениях концентрации связующего, а на рис. 2 — зависимость оптической плотности D от концентрации связующего C при постоянной толщине слоя. Из рис. 1 и 2 видно, что оптическая плотность связующего при фиксированных значениях длины волны падающего излучения растет с увеличением концентрации связующего, а одному и тому же значению оптической плотности в коротковолновой области спектра излучения соответствуют меньшие значения концентрации связующего. Растворители, по сравнению со связующим, поглощают более короткие волны, это позволяет осуществить избирательный контроль параметров связующего. При соответствующем выборе длины волны лучистого потока обеспечивается, во-первых, зависимость его интенсивности от концентрации связующего в растворе и, во-вторых, избирательное взаимодействие связующего с лучистым потоком.

Для экспериментальных исследований и количественного анализа связующих нами, на основе абсорбционного метода, был разработан автоматический фотометр, структурная схема которого показана на рис. 3.

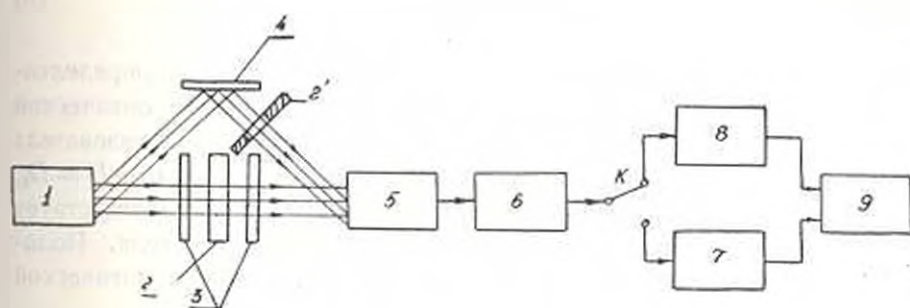


Рис. 3. Структурная схема абсорбционного фотометра с фотоэлектрическим измерительным преобразователем

Лучистый поток от источника излучения 1 проходит на фотоприемник 5 либо через исследуемый объект 2 и светофильтры 3 (рабочий канал), либо через компенсатор 2' и отражатель 4 (опорный канал). Электрический сигнал с выхода фотоприемника 5 поступает на усилитель 6 и затем на одно из запоминающих устройств 7 и 8, коммутация которых ключом K синхронна с коммутацией лучистого потока. Выходы запоминающих устройств подключены к окончательному преобразователю 9, вычисляющему отношение рабочего и опорного сигналов, которое регистрируется с помощью показывающего или самопишущего прибора.

Интенсивность лучистого потока, прошедшего через раствор связующего с оптической плотностью D , в соответствии с (1) определяется выражением

$$P_1 = P_0 e^{-D}. \quad (2)$$

Напряжение на запоминающем устройстве рабочего канала пропорционально интенсивности лучистого потока источника излучения P_0 , коэффициенту передачи исследуемого объекта, определяемому равенством $W = \frac{P_1}{P_0} = e^{-D}$, и коэффициенту усиления фотоприемника и усилителя g_0 , т. е.

$$U_1 = P_0 g_0 e^{-D}. \quad (3)$$

Если на фотоприемник одновременно направлен опорный световой поток интенсивностью $P_2 = P_0 e^{-D_0}$, то напряжение на запоминающем устройстве опорного канала имеет вид:

$$U_2 = P_0 g_0 W_0. \quad (4)$$

где $W_0 = e^{-D_0}$ — коэффициент передачи компенсирующего элемента.

Напряжение на выходе оконечного преобразователя при коммутации лучистых потоков в рабочем и опорном каналах пропорционально отношению напряжений на запоминающих устройствах:

$$U = U_0 \frac{U_1}{U_2} = U_0 \frac{W}{W_0} U_0 e^{-(D-D_0)} \quad (5)$$

Величину W_0 можно выбрать таким образом, чтобы при определенной концентрации раствора связующего (определенной оптической плотности D_0) напряжение на выходе оконечного преобразователя было равно U_0 . При этом, в соответствии с выражением (5), $D = D_0$.

Изменению концентрации раствора связующего соответствует изменение показаний на выходе оконечного преобразователя. Положив в формуле (5) $D - D_0 = \Delta D$ (где ΔD — изменение оптической плотности связующего), получим:

$$U = U_0 e^{\pm \Delta D}, \quad (6)$$

после разложения в ряд —

$$U = U_0 \left(1 \pm \Delta D + \frac{\Delta D^2}{2!} \pm \frac{\Delta D^3}{3!} + \dots \right). \quad (7)$$

Выражение (7) показывает, что шкала фотометра нелинейна, причем эта нелинейность сказывается тем больше, чем шире диапазон контролируемых концентраций ΔC и чем больше показатель поглощения связующего α . Это следует из соотношений (5) и (6) — учетом значения

$$D = d(\alpha C_0 + \alpha \Delta C). \quad (8)$$

Зависимость $U = U(\Delta C)$ различна для каждого связующего, характеризующегося своим определенным значением α .

В диапазоне изменения $0 < \Delta D < 0,1$ нелинейность шкалы прибора не превышает 5%. Поэтому для небольших изменений концентрации растворов связующих шкалу прибора можно считать практически линейной.

Зависимости (6) и (8) были использованы при градуировке шкалы фотометра, которая проводилась на подготовленных образцах растворов связующих на основе эпоксидных смол по пяти значениям концентрации раствора в диапазоне от 42 до 65%. Показания фотометра, соответствующие известной концентрации связующего, отмечались по шкале стрелочного прибора. Обработка результатов измерения при градуировке фотометра осуществлялась методом наименьших квадратов, исходя из экспоненциального характера зависимости напряжения на выходе оконечного преобразователя от концентрации раствора связующего. В результате была найдена эмпирическая формула

$$U = 78,7 e^{-8,04(C-42)}. \quad (9)$$

Зависимость (9) графически представлена на рис. 4. Точками отмечены средние значения для каждого из девяти результатов измерений концентрации, выполненных фотометром при градуировке. Погрешность аппроксимации экспонентной напряженности на выходе окончного преоб-

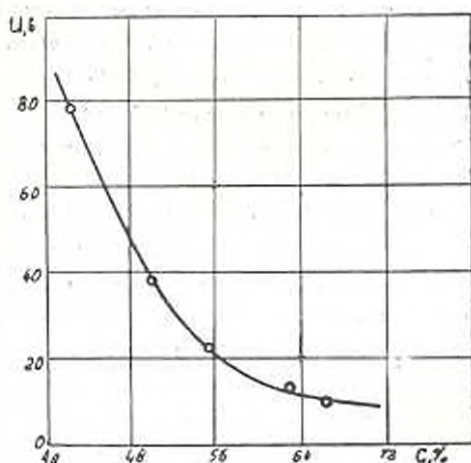


Рис. 4. Статическая градуировочная характеристика абсорбционного фотометра.

разователя и вариация показаний прибора составили соответственно 8,3 и 10%, а суммарная погрешность измерения с учетом погрешности аппроксимации и вариации показаний — 14,5% от измеряемого значения концентрации. Указанная погрешность измерения не превышает значения, имеющего место при оценке концентрации растворов связующих методом выжигания. Полученная градуировочная характеристика фотометра использовалась для определения концентрации растворов самых разнообразных связующих на базе эпоксидных смол с введением соответствующих поправок.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования фотометрического абсорбционного метода определения концентрации растворов терморезактивных связующих на основе эпоксидных смол и прибора, реализующего этот метод, показали их практическую применимость для определения концентрации пропиточных растворов в производстве армированных пластиков как в режиме непрерывной регистрации показаний в течение всего технологического цикла, так и при экспресс-анализе через произвольные интервалы времени.

Վ. Օ. ՎԱՆՈՒՆԻ, ՅԱ. Ի. ՆՐԻՈՒԱՅԶԻԿ, Ս. Կ. ՏՐԻՖՈՆՈՎ,
Լ. Կ. ՏՐԻՖՈՆՈՎԱ, Ջ. Ն. ՉԻՐԱԿՐԻՆ

ՏՈԳՈՐԻՉ ԼՈՒՄՈՒՅԹՆԵՐԻ ԿՈՆՑԵՆՏՐԱՑԻԱՅԻ ՉԱՓՈՒՄԸ ԼՈՒՍԱԶԱՓԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՈՎ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Տեսականորեն և փորձարարական եղանակով ուսումնասիրված է թերմո-
ունակությամբ կապակցողների լուծույթների կոնցենտրացիայի որոշման լուսա-
չափական արսորրոցիոն մեթոդը, որը հիմնված է անցնող լուսային
հոսքի խնտենսիվության ֆոտոէլեկտրական չափման վրա՝ կապակցողի
լուծույթի կողմից ընկնող ճառագայթային էներգիայի ընտրարար կլանման
ժամանակ:

Քերված են էպօքսիդային խեղճերի հիման վրա կապակցողների կլանման
սպեկտրալ բնութագրերը կապակցողի կոնցենտրացիայի տարրեր նշանակու-
թյունների դեպքում, ինչպես նաև լուծույթի օպտիկական խտության կախումը
կապակցողի կոնցենտրացիայից: Տրված է ամրանավորված պլաստիկների
արտադրության ժամանակ տոգորիչ լուծույթների կոնցենտրացիայի չափման
համար սովորույթ լուսաչափի կառուցվածքային սխեման և նկարագրված է
նրա աշխատանքի սկզբունքն ու աստիճանավորման եղանակը: Տվյալներ են
բերված սարքի սխեմայի վերաբերյալ և նշված է նրա դործնական կիրառ-
ման քննադատությունը:

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров В. А. и др. Пропитка стеклотканей связующими. «Пластмассы», 1968, № 1.
2. Титвак В. И. Фотоэлектрические датчики в системах контроля, управления и регу-
лирования. М., «Наука», 1966.
3. Гринштейн М. М., Кучикян П. М. Фотоэлектрические концентратометры. М., «Энер-
гия», 1969.

ГИДРАВЛИКА

Э. П. АЩЯНЦ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО
УДАРА С РАЗРЫВОМ СПЛОШНОСТИ ПОТОКА

Экспериментальное исследование гидравлического удара в напорных водоводах дает возможность яснее представить физические процессы, возникающие при этом явлении, а также внести соответствующие коррективы в теоретические разработки.

Особый интерес представляют прямые гидравлические удары, когда длительность возмущения потока в каком-либо сечении водовода не превышает времени пробега волны возмущения от данного сечения до места отражения и обратно. При прямых гидравлических ударах давление в водоводе может достичь значительной величины. Существуют теоретические проработки [1], в которых доказывается, что при определенных условиях максимальное давление в водоводе может достичь величины

$$H_{\max} = 3H_{\text{ст}} + \alpha v_0 g^{-1}, \quad (1)$$

где $H_{\text{ст}}$ — статический напор водовода; α — скорость распространения упругих колебаний; v_0 — скорость движения жидкости при установившемся движении; g — ускорение силы тяжести.

Однако до сих пор экспериментально удалось зафиксировать максимальное давление, равное

$$H_{\max} = 2H_{\text{ст}} + \alpha v_0 g^{-1}. \quad (2)$$

Трубопроводы, на которых проводились эти эксперименты и получены такие величины давления [2; 3] имели сравнительно малый внутренний диаметр (50—82 мм). Гидравлические удары создавались очень быстрым закрытием крана, и время закрытия крана не менялось при проведении экспериментов. В опубликованных экспериментальных работах, как правило, давление измерялось в каком-либо одном сечении водовода (чаще всего в начале водовода). Исследованию же изменения напора и скорости жидкости по длине водовода при гидравлических ударах уделяется меньше внимания.

Целью экспериментов, проводимых в гидравлической лаборатории АрмНИИ ВПнГ, явилось выяснение следующих вопросов:

1. Определение максимального давления, возникающего в трубопроводе при гидравлических ударах с разрывом сплошности потока;
2. Исследование изменения напора по длине водовода при гидро-

гидравлических ударах и влияние времени закрытия затвора на величину напора.

Экспериментальная установка (рис. 1) представляет собой стальной трубопровод с внутренним диаметром 95 мм. К одному из его концов присоединен насос марки ИК-12, а к другому концу — напорный бак, в котором установлен треугольный водослив для измерения поступаю-

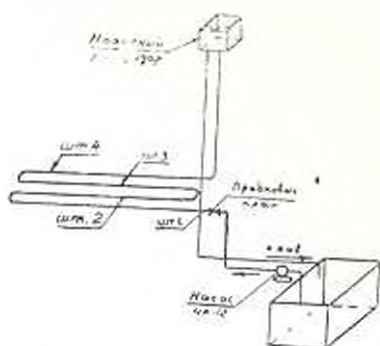


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

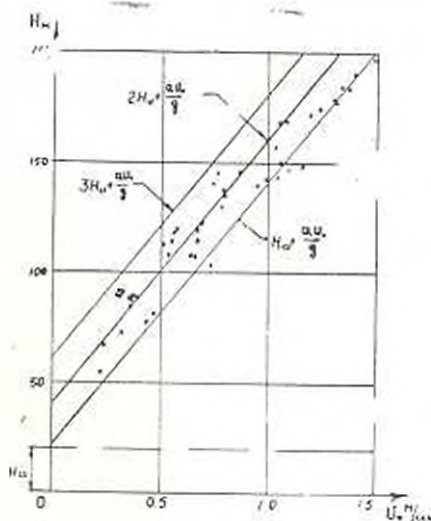


Рис. 2. Экспериментальная зависимость полученная у пробкового крана

щего расхода воды. Трубопровод имеет горизонтальный участок в виде змеевика общей длиной 207 м, который заканчивается вертикальным стояком длиной 19,2 м. В начале горизонтального участка смонтирован пробковый кран, с помощью которого поток отсекается от насоса. Время закрытия пробкового крана менялось в широких пределах. Установка работает по циркуляционной схеме; насос забирает воду из бассейна и нагнетает ее в напорный бак, откуда по сливному трубопроводу она опять возвращается в тот же бассейн. Статический напор у пробкового крана равен 20,4 м. По длине трубопровода приварены штуцера, позволяющие измерять давление в различных сечениях воды. При нестационарных режимах давление в трубопроводе измерялось тензометрическими датчиками «ТДДМ». Электрический сигнал от датчиков поступал на усилитель 8АНЧ-7М, а затем — на осциллограф Н-107, который фиксировал на фотобумаге колебания давления в трубопроводе.

В экспериментах гидравлические удары начинались с понижением давления. Такие удары обычно возникают в напорных водоподах насосных станций.

Скорость течения жидкости в экспериментах изменялась в пределах $0,25 \div 1,5$ м/сек.

Измеренные при гидравлических ударах с разрывом сплошности потока напоры у пробкового крана (при различных начальных скоростях v_0) нанесены на график $H = f(v_0)$ (рис. 2). На этом же графике проведены прямые, выражающие зависимости:

$$H = H_{ст} + av_0^{-1}; H = 2H_{ст} + av_0g^{-1}; H = 3H_{ст} + av_0g^{-1}.$$

Значение a в экспериментах менялось в пределах 1180—1220 м/сек. На рис. 2 при проведении прямых принято $a = 1200$ м/сек. Как видно из рис. 2, при определенных значениях v_0 максимальный напор у пробкового крана достигал величины $H_{max} = 2,5H_{ст} + av_0g^{-1}$.

Следует отметить, что такое давление возникало только в случае, когда время закрытия пробкового крана было меньше 0,1 сек. На рис. 3 приведены осциллограммы изменения напора у пробкового крана, при которых напор достигал величины $2,5H_{ст} + av_0g^{-1}$.

Экспериментальные данные, приведенные на рис. 2, показывают, что с увеличением начальной скорости v_0 через определенные интервалы (0,22—0,23 м/сек) давление скачкообразно повышается, и в целом изменение напора в зависимости от начальной скорости в определенном интервале (0,25—1,1 м/сек) имеет ступенчатый характер. При $v_0 \geq 1,5$ м/сек $H < H_{ст} + av_0g^{-1}$.

На рис. 4 приведен график $H = f(v_0)$ для середины трубопровода. На

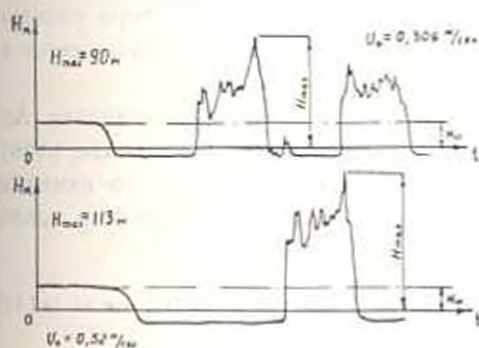


Рис. 3. Осциллограммы давления, снятые у пробкового крана

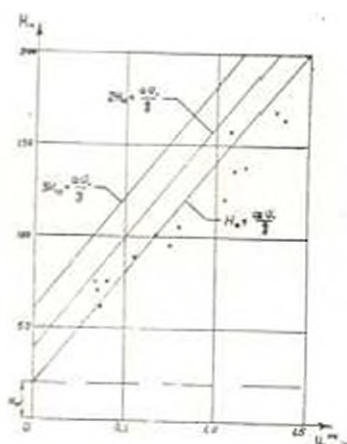


Рис. 4. Экспериментальная зависимость $H = f(v_0)$, полученная в середине трубопровода

этого графика видно, что максимальный напор здесь значительно меньше, чем у пробкового крана, несмотря на то, что статический напор в данном сечении водовода не изменился. Это говорит о том, что распространение скачка давления по длине водовода не одинаково. Кроме того, характер изменения напора в различных сечениях водовода разни-

чен. На рис. 5 приведено несколько осциллограмм, снятых в различных сечениях горизонтального участка водовода.

Из графика на рис. 2 явствует, что при одной и той же скорости v_0 получаем различные величины напора. Одной из причин этого является то, что время закрытия затвора было не одинаковым. На рис. 6 пока-

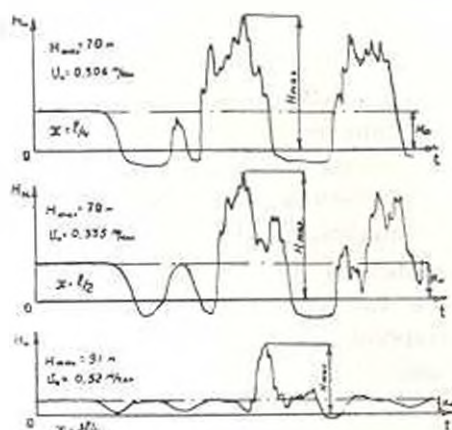


Рис. 5 Осциллограммы давления, снятые в различных сечениях трубопровода

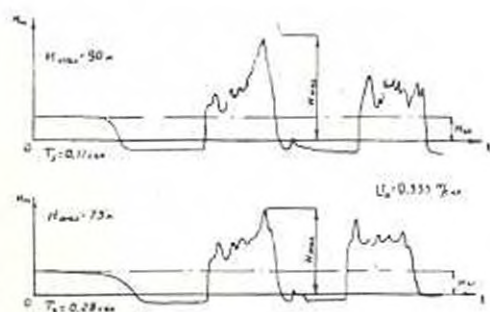


Рис. 6 Осциллограммы давления, снятые при различном времени закрытия пробкового крана

заны осциллограммы, полученные при одной и той же начальной скорости, но при различном времени закрытия пробкового крана. Из осциллограмм видно, что с увеличением времени закрытия затвора уменьшается промежуток времени, в течение которого у затвора существует вакуум, и, тем самым, уменьшается напор.

Резюмируя, отметим, что на экспериментальной установке Арм. НИИВПНГ удалось зафиксировать величину напора в водоводе, равную $2.5H_{\text{ст}} + av_0^2 g^{-1}$. Кроме того, экспериментально доказано, что изменение скачка давления по длине водовода не одинаково, и характер колебания напора в различных сечениях водовода различен.

АрмНИИВПНГ

Получено 19.1.1976.

Է. Պ. ԱՇԻԱՆՑ

ՀՈՍԱՆՔԻ ԱՆԴՆԴՀԱՏՈՒԹՅԱՆ ԽՁՄԱՆՐ ՀԻՐԱՎՐԿԱԿԱՆ ՀԱՐՈՒՄԻ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ

Ա մ փ ո փ ո ռ ը

Հոգիածում բերվում էն հասանքի անընդհատության խզմամբ հիգրոսկոպիկան հարվածի փորձարարական ուսումնասիրությունների արդյունքները: Փորձերը կատարվել են Ջրային պրոբլեմների և հիդրոսեյսմոլոգիայի

գիտահետազոտական ինստիտուտի փորձարարական տեղակայանքի վրա: Ստացված տվյալները թույլ են տալիս դատել առավելագույն ճնշման մեծության մասին, որը կարող է առաջանալ ճնշման խոզովակաշարում հիդրավիկական հարվածի ժամանակ, և ավելի պարզ պատկերացնել բնթաքող ֆիզիկական երևույթները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Указания по защите водоводов от гидравлического удара. Госстройиздат, 1961.
2. Мошкин Л. Ф., Тимофеева Е. Т. Повышение давления при гидравлических ударах, сопровождающихся разрывом сплошности потока. «Водоснабжение и санитарная техника», № 7, 1965.
3. Смирнов Д. Н., Зубов Л. Б. Экспериментальные исследования гидравлического удара, сопровождающегося кавитацией потока. ВОДГЕО, Труды лаборатории инженерной гидравлики. Сборник № 13, 1972.

ГИДРАВЛИКА

Г. А. ДАВТЯН, В. Г. АПНШТЕЙН,
Р. В. ГРИГОРЯН, М. Г. АМАМЧЯН

СКОРОСТЬ НАЧАЛА ПСЕВДООЖИЖЕНИЯ НЕКОТОРЫХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В
РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

В промышленности АрмССР широкое применение находят разнообразные зернистые материалы—корунд, поташ, перлит, алюмосиликагель, стекло, шлак. Отличительной особенностью процессов, осуществляемых с участием этих материалов, является широкий диапазон температур—от умеренных [охлаждение и сепарирование высушенных зернистых материалов (безводный гранулированный поташ, зерно, кварцевый песок); сушка продуктов комплексной переработки нефелиновых сиенитов, предусмотренная на РГХК (метасиликаты натрия, калия, 1,5-водный поташ), при температурах 170—250°C] до высоких (вспучивание перлита при температурах процесса 850—950°C и т. д.). Многие из упомянутых процессов целесообразно проводить в псевдоожиженном (кипящем) слое зернистого материала; в этом случае для расчета и проектирования технологической аппаратуры в первую очередь необходимо располагать таким важным параметром, как скорость начала псевдоожижения w_0 —верхняя граница существования неподвижного и нижняя граница псевдоожиженного слоя.

Скорость начала псевдоожижения оценивают теоретически или определяют экспериментально. Из-за большого числа трудноучитываемых факторов несферичность частиц, широта фракционного состава,—достоверное значение w_0 может дать только опыт. Правильности применения имеющихся формул для приближенного расчета (особенно при повышенных температурах) должна быть подтверждена экспериментально.

В настоящей статье приведены результаты экспериментальной проверки имеющихся зависимостей.

В литературе [1] приводится множество формул для расчета скорости начала псевдоожижения; некоторые из них приведены в табл. 1. Для сравнительного анализа приведенных формул (1)–(6) все они были представлены в виде зависимости

$$Re_0 = f(At),$$

где $Re_0 = w_0 d / \nu$ — число Рейнольдса для начала псевдоожижения;

$$At = \frac{g d^3 (\gamma_1 - \gamma)}{\gamma^2} \quad \text{— число Архимеда;}$$

d и γ_1 — средний размер и плотность твердых частиц;

γ и ν — плотность и кинематическая вязкость ожижающего агента;

g — ускорение силы тяжести.

При этом, в целях сопоставления, в формуле (4) значения порозности ε_0 и фактора формы частиц Φ_s соответственно приняли равными 0,4 и 1,0.

Таблица 1

Сводка формул для расчета Re_0

№ формулы	Автор; № литературного источника	Формула	Область применения
(1)	Бейлин [2]	$Re_0 = 0,046 Ar^{0,587}$	Ламинарное и турбулентное течения
(2)	Розловский [6]	$Re_0 = 0,111 Ar^{0,5}$	Ламинарное и турбулентное течения
(3)	Горошко, Розенбаум, Тодес [3]	$Re_0 = Ar (1400 - 5,22 \sqrt{Ar})$	Ламинарное и турбулентное течения
(4)	Акопян, Касаткин [7]	$Re_0 = 0,009 Ar^{3/2} [\psi_s(1 - \epsilon_0)]$	$Re_0 < 35$
(5)	Мухомова, Трабер, Румянцева [4]	$Re_0 = 0,0031 Ar$	Ламинарное течение, $D = 45$ мм
(6)	Смирнов, Еркюва [8]	$Re_0 = 0,00054 Ar$	Ламинарное течение, $D = 23$ мм

На рис. 1 в логарифмических координатах представлены зависимости $Re_0 = f(Ar)$, построенные по формулам (1) - (6) для исследованного диапазона Ar .

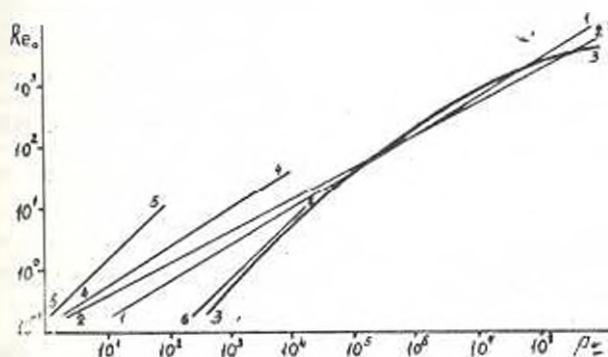


Рис. 1. Зависимости $Re_0 = f(Ar)$. (Цифры у кривых соответствуют нумерации формул в табл. 1)

Используемое в расчетах число Архимеда содержит кажущуюся плотность твердых частиц $\gamma_k = \gamma_k$, отличающуюся от истинной плотности γ_n , характеризующей свойства монолитного (сплошного) материала*. Кажущуюся плотность определяли, измеряя вес (массу) образца сухого (G_c) и увлажненного (G_n) пористого твердого материала, содержащего фиксированное количество жидкости ($G_k = G_n - G_c$) известной плотности γ_n , по формуле:

* Разумеется, для непористых материалов значения γ_k и γ_n совпадают.

$$\gamma_k = \frac{\gamma_{ж}}{\frac{G_0}{G_c} - 1 + \frac{\gamma_{ж}}{\gamma_{и}}} = \frac{\gamma_{ж}}{\frac{G_0}{G_c} + \frac{\gamma_{ж}}{\gamma_{и}}} \quad (7)$$

Значения величин, входящих в (7), определяли следующим образом. Заранее увлажненный зернистый материал в количестве около десяти граммов слегка прокатывали по сухой бумаге с целью удаления пленки жидкости из поверхности частиц, после чего взвешивали на аналитических весах с точностью 0,001 г для определения G_0 . Взвешенные влажные частицы твердого материала высушивали в сушильном шкафу, где поддерживали температуру $\sim 200^\circ\text{C}$. После полного высушивания твердых частиц их снова взвешивали и фиксировали G_c . Значения $\gamma_{и}$ и γ_k для исследованных твердых материалов приведены в табл. 2.

Таблица 2
Значения $\gamma_{и}$ и γ_k для различных зернистых материалов*

Зернистый материал	Плотности, кг/м ³		Метод определения: литературный источник; расчетная формула
	$\gamma_{и}$	γ_k	
Алюмосиликагель	2300	1270	[9], $\gamma_k = 1.91 G_0/M^3$
Корунд	3500	3500	Пикнометрический, (7)
Поташ (гранулированный)	2320	950	[5], (7)
Стекло	2600	2600	Пикнометрический, (7)
Перлит (сырой)	2200	1600	Пикнометрический, (7)
Шлак	2800	2800	Пикнометрический, (7)

Для экспериментального определения скорости начала псевдооживления зернистых материалов в широком диапазоне температур была собрана установка, общий вид которой изображен на рис. 2. Установка включает греющую камеру 1, аппарат псевдооживления б, нагнетающий (22) и всасывающий (18) вентиляторы, систему вытесливания 20; 21, трубопроводы и измерительные приборы.

Греющая камера 1, предназначенная для подогрева воздуха, содержит 12 карборундовых электронагревателей (силитов) 2, охватывающих трубопровод с воздухом и помещенных в пространство, выложенное огнеупорными кирпичами 3. Греющая камера (как и аппарат для псевдооживления) изолирована от окружающей среды асбестовой теплоизоляцией 4. В рабочей части греющей камеры расположен трубопровод 5, соединенный с аппаратом 6 муфтой 7. Распределительная решетка 8 представляет собой проволочную сетку из нержавеющей

* Для гранулированного поташа значение γ_k определено по формуле (7), исходя из максимально возможного влагосодержания данного материала.

стали, оказывающую достаточно большое гидравлическое сопротивление и обеспечивающую равномерное распределение потока охлаждающего агента. Для наблюдения за ходом процесса на боковой поверхности колонны предусмотрены два окна из кварцевого стекла.

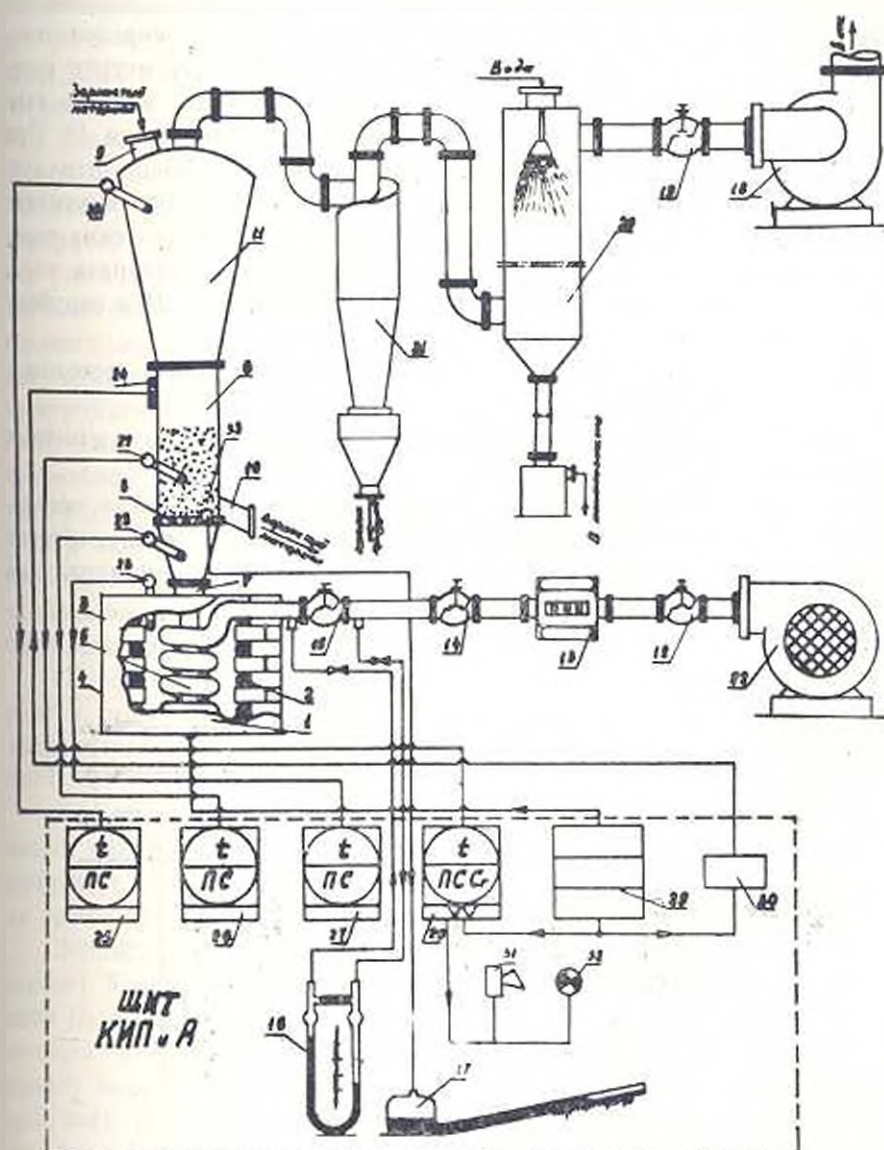


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема экспериментальной установки.

14, 19—вентили; 23—термометры; 24—дополнительный электрообогрев слоя; 29—регуляторы напряжения однофазные РНО-40; 30—лабораторный интотрансформатор; 31—штук; 32—лампа.

Зернистый материал загружается в аппарат через загрузочный штуцер 9, выпускается через штуцер 10. Для обеспечения полной выг-

ружки материала наклонный шпатель 10 расположен непосредственно над распределительной решеткой 8. Во избежание уноса зернистого материала при больших скоростях воздуха, верхняя часть аппарата 6 выполнена в форме диффузора 11.

Свежий воздух, нагнетаемый вентилятором высокого давления 28, подавали в аппарат кипящего слоя 6 через эжектор 5 и распределительную решетку 8. На трубопроводе подачи воздуха предусмотрен регулирующий клапан 12. При достаточно больших расходах воздуха (выше $4 \text{ м}^3/\text{час}$) измерение последнего производили счетчиком 13. При расходах меньше $4 \text{ м}^3/\text{час}$ измерение производили специально отградуированным реометром 16, закрывая при этом клапан 15. В зависимости от целей эксперимента, свойства материала и ряда технологических параметров, отходящие газы при необходимости удаляли из аппарата кипящего слоя отсасывающим вентилятором 18 через шкворн 21 и скруббер 20, орошаемый водой.

Перепад давления воздуха в слое измеряли прямым методом с помощью микроманометра 17.

Измерение и контроль температуры слоя осуществляли с помощью термопар градуировки ХК и ХА.

Для проведения опытов при повышенных температурах в псевдоожигенном слое (100; 200; 300, 400 и 500°C) была предусмотрена система регулирования и контроля температуры слоя, принципиальная схема которой показана на рис. 3.

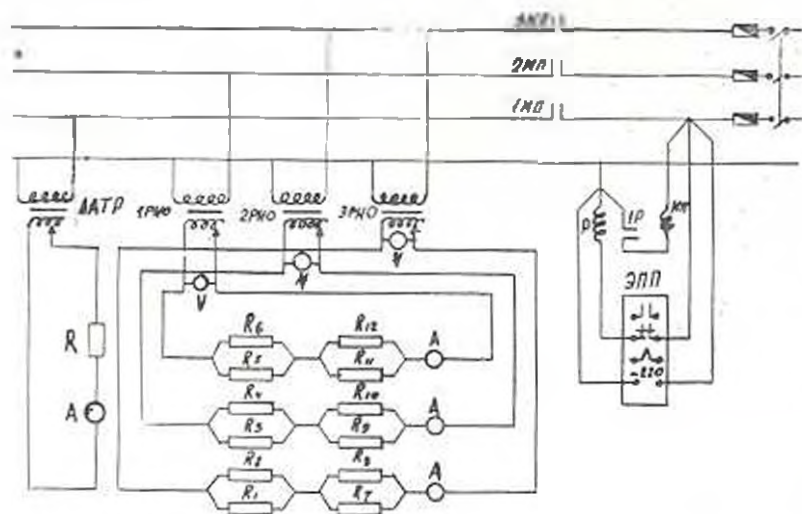


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема измерения и контроля температуры псевдоожигенного слоя твердых частиц.

R — сопротивление дополнительного электрообогрева слоя, $R_1 \div R_{12}$ — карборундовые (силит) электронагреватели.

Ток и напряжение нагревателей (как карборундовых, так и дополнительного обогрева слоя) рассчитаны с учетом электротепловых характеристик применяемых элементов и технологических потребностей. Если температура слоя достигает заданного нижнего уровня (последний устанавливается с помощью подвижной стрелки потенциометра ЭПП), то при включении переключателя *И* включается электронный потенциометр ЭПП и замыкает цепь обмотки электромагнитного реле *Р* через механический нормально-замкнутый контакт *1 ЭПП*. При этом срабатывает нормально-замкнутый контакт *1Р* и замыкается цепь обмотки электромагнитного пускателя *МП*, срабатывают нормально-разомкнутые контакты *1МП*, *2МП*, *3МП* и получают питание первичные обмотки однофазных регуляторов напряжений и автотрансформатора. Вследствие этого электронизмерительные приборы показывают номинальные значения тока и напряжений нагревателей. При достижении заданного верхнего значения температуры слоя размыкаются контакт *1 ЭПП*, цепь обмотки реле *Р*, нормально-разомкнутый контакт *1Р*, цепь обмотки электромагнитного пускателя *МП* и, следовательно, контакты *1МП*, *2МП*, *3МП* электромагнитного пускателя *МП*. Одновременно снимается напряжение с первичных обмоток регуляторов и автотрансформатора; электронизмерительные приборы при этом показывают нулевые значения тока и напряжений (соответственно отключенному состоянию электроустановки). Как только температура слоя понижается на 15—20 °С, снова замыкается контакт *1 ЭПП*, и цикл повторяется в описанной выше последовательности.

Скорость начала псевдооживления определяли для зернистых материалов, приведенных в табл. 2. Ожижающим агентом служил воздух, температуру которого в ходе опыта варьировали в пределах 20 ÷ 500 °С.

Для экспериментального определения скорости начала псевдооживления какой-либо из использованных узких фракций зернистых материалов (т. е. монодисперсного слоя) при заданных температурах воздуха опыты проводили в следующем порядке.

Зернистый материал загружали в колонну (аппарат псевдооживления) *б* через штуцер и визуально измеряли высоту неподвижного слоя *Н₀* с помощью специального измерителя, установленного по образующей цилиндрического аппарата. Затем постепенно увеличивали подачу воздуха от нулевого расхода до максимально возможного (прямой ход), регистрируя показания приборов (газового счетчика *13* или реометра *16*, термометров *25* : *28*, а также амперметров и вольтметров) при различных расходах. Далее опыт продолжали при понижении расхода воздуха до нуля (обратный ход), также снимая показания приборов.

Опыт проводили вначале при комнатной, а затем — при повышенных температурах, после чего материал выгружали из аппарата.

В ходе экспериментов определяли:

γ_0 — порозность неподвижного слоя при заранее найденной кажущейся плотности, γ_s — по объему засылки $V_0 = H_0 F_a$, где F_a — площадь полного поперечного сечения аппарата (диаметр аппарата $D_a = 105$ мм);

w — скорость воздуха в расчете на полное сечение аппарата — по показаниям счетчика (реометра);

ΔP — перепад давления воздуха в слое — по показаниям микроманометра.

Скорости воздуха w определяли по формуле (при постоянном давлении воздуха)

$$w = \frac{QT_{c1}}{3600 F_s T_1}, \quad (8)$$

где Q — показание газового счетчика, $\text{м}^3/\text{час}$; T_{c1} и T_1 — абсолютные температуры воздушного потока и псевдоожигенном слое и измерительном устройстве (счетчике, реометре), соответственно. При измерении расхода воздуха реометром пользовались заранее построенными градуировочными графиками.

По сопряженным значениям w и ΔP построены кривые псевдоожигения $\Delta P = f(w)$; абсциссу точки пересечения линий постоянного перепада давления в псевдоожигенном слое и сопротивления неподвижного слоя (по кривой прямого хода) трактуем как опытное значение скорости начала псевдоожигения w_0 .

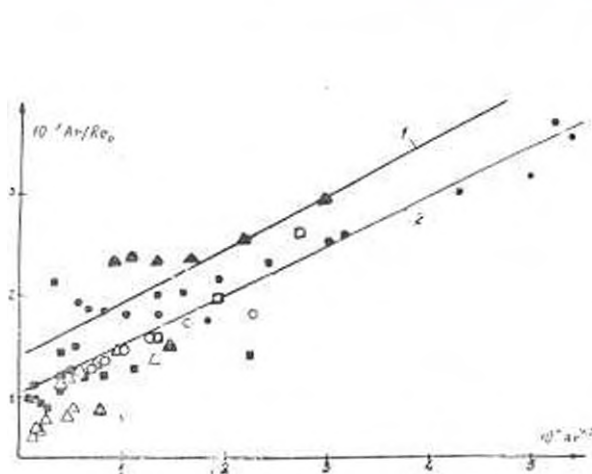


Рис. 4. Зависимости $Ar/Re_0 = f(Ar^{0.5})$:

1 — расчетная; 2 — опытная.

● — алюмосиликагель; Δ — корунд;
 □ — поташ (гранулированный); $\diamond$ — стекло;
 ▲ — перлит (сырой); — шлак.

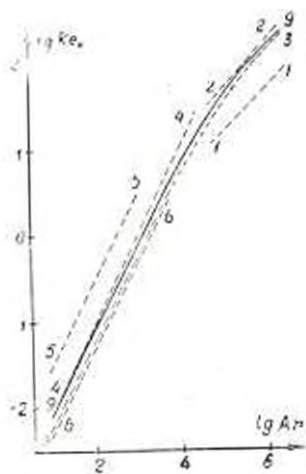


Рис. 5. Зависимости $Re_0 = f(Ar)$ в исследованном диапазоне числа Ar . (Цифры у кривых соответствуют нумерации формул в табл. 1 и в тексте).

На рис. 4 в координатах $(Ar/Re_0) - Ar^{0.5}$ сопоставлены экспериментально полученные значения ω_0 с рассчитанными по формуле (3) (кривая 1). Там же приведена корреляция (кривая 2), наилучшим образом соответствующая нашим экспериментальным данным и полученная в результате аппроксимации последних в манере, принятой авторами формулы (3). С уточненными численными коэффициентами предлагаемая корреляция для исследованных зернистых материалов имеет вид:

$$Re_0 = \frac{Ar}{1040 + 4.86 \sqrt{Ar}} \quad (9)$$

Опытные значения скорости начала псевдооживления ω_0 и расчетные, найденные по формулам (1) - (6), в виде зависимостей $Re_0 = f(Ar)$ в логарифмических координатах представлены на рис. 5.

Выводы

1. Исследование показало, что формулы, предназначенные для определения Re_0 в области ламинарного течения, заведомо непригодны для расчета начала псевдооживления исследуемых зернистых материалов, переходящих в псевдооживленное состояние, как правило, при переходном или турбулентном режимах движения оживляющего агента. Как и следовало ожидать, наибольшее расхождение (зачастую на несколько порядков) наблюдается в случае наиболее крупных фракций.

2. Наилучшие результаты дает универсальная формула (3), охватывающая различные гидродинамические режимы движения. Формулы (1) и (2) обнаруживают неплохое соответствие с экспериментом в более узких диапазонах свойств твердых частиц и температур процесса. Дело, видимо, в том, что по своей структуре эти две формулы не могут охватывать различные гидродинамические режимы, хотя авторы формул и рекомендуют их для расчетов в области ламинарного и турбулентного течений. Действительно, формула (2), судя по степени Ar , должна неплохо соответствовать турбулентному режиму, возможно несколько охватывая и переходный режим из-за относительно высокого значения множителя Ar ; формула (1), вероятно, должна давать неплохие результаты в области, примыкающей с обеих сторон к границе между переходным и турбулентным режимами. Таким образом, для ориентировочных расчетов ω_0 мы рекомендуем формулу (3), охватывающую различные гидродинамические режимы движения оживляющего агента.

3. Выведена корреляционная формула (9) для определения скорости начала псевдооживления ω_0 исследованных зернистых материалов в широком диапазоне изменения температуры процесса (20 - 500°C) и размеров частиц.

Կ. Ա. ԿԱՎԹՅԱՆ, Վ. Հ. ԱՅՆՇՏՅՈՒՆ, Ռ. Վ. ԻՍԿՐՈՐԱՆ, Մ. Կ. ՀԱՄԱՐՉՅԱՆ:

**ՈՐՈՇ ԱՐԴՅՈՒՆԱՐԵՐԱԿԱՆ ՀԱՏԻԿԱՎՈՐ ՆՅՈՒԹՆՐԻ ՊԱՆՎԴՈՇՆՂՈՒԿԱՑՄԱՆ
ԿՐԻՏԻԿԱԿԱՆ ԱՐԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ԻՐԱԿԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ**

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողափածում տրված է իրական պայմաններում արդյունաբերական հատիկաձուր նյութերի պսևղոհեղուկացման կրիտիկական արագությունը փորձարարական եղանակով որոշելու մեթոդիկա: Նկարագրված է մշակված փորձարարական կալանքի տեխնոլոգիական սխեման և պինդ մասնիկների շերտի պսևղոհեղուկացման ջերմաստիճանի կարգավորման ու ստուգման համակարգի սխեման:

Բերված են փորձարարական եղանակով որոշ արդյունաբերական հատիկաձուր նյութերի (այլամասիլիկազել, կորունդ, պոտաշ, ապակի, պեռլիտ, խարամյ պսևղոհեղուկացման կրիտիկական արագության որոշման արդյունքները, որոնք համադրված են հաշվարկային արժեքների հետ՝ հաշված տարբեր հեղինակների կողմից առաջարկված բանաձևերով: Համադրումը ցույց է տվել, որ ամենալավ զուգամիտությունն է տալիս (3) ունիվերսալ բանաձևը, որն ընդգրկում է հեղուկացնող աղենաի շարժման տարբեր հիդրոդինամիկական սեփմները:

Հետազոտվող նյութերի պսևղոհեղուկացման կրիտիկական արագության որոշման համար ստացված է (9) կոռելյացիոն բանաձևը, որն ընդգրկում է պրոցեսի ջերմաստիճանի և նյութի մասնիկների մեծության փոփոխության լայն դիապազոն՝ $t = 20 - 500^\circ \text{C}$, $d = 0,63 - 2,5$ մմ:

ЛИТЕРАТУРА

1. Романков П. Г., Раиковская Н. Б. Сушка во вращающемся состоянии. Изд. «Химия», М., 1968.
2. Бейлин М. И. «Химическая технология топлив и масел», № 1, 19, 1961.
3. Горюхи В. Д., Розенбаум Р. Б., Тодес О. М. «Известия вузов. Нефть и газ», № 1, 125, 1958.
4. Михленов Н. П., Трибэр Л. Г., Рыманен Е. С. «Химическая промышленность», № 8, 457, 1955.
5. Позин М. Е. Технологии минеральных солей. Изд. «Химия», М., 1970.
6. Розловский А. А. «Цветная металлургия», № 2, 37, 1962.
7. Акопян Т. А., Кагаткин А. Г. «Химическая промышленность», № 2, 94, 1955.
8. Смирнов А. А. Труды Куйбышевского промышленного института, т. VIII, 1959.
9. Справочник химика, т. 5. Изд. «Химия», М.—Л., 1968.

ЭНЕРГЕТИКА

А. А. АРУТЮНЯН, В. Г. ПОГОСОВ, И. А. КАРАПЕТЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХОБМОТОЧНЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ НА СХОДИМОСТЬ ИТЕРАЦИИ В
РАСЧЕТАХ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Важность проблемы сходимости итерации к единственному физически реализуемому решению в расчетах установившихся режимов электроэнергетических систем связана с тем, что указанные расчеты представляют собой неотъемлемую, главную составную часть и исследования статической и динамической устойчивости, потерь энергии в электрических сетях, оптимизации режимов систем и ряда других задач.

Расчеты установившихся режимов с использованием матрицы Y обладают тем преимуществом, что в программе расчетов учитываются лишь ненулевые элементы матрицы, что приводит к возможности расчета для схем с большим числом узлов [2]. В качестве недостатка метода расчета с использованием матрицы Y указывают на плохую сходимость при учете ветвей с отрицательными реактивными проводимостями [3]. К числу таких элементов относится одна из ветвей схемы замещения трехобмоточного трансформатора.

В настоящей статье изложены результаты исследований способов обеспечения сходимости итерации при учете в схеме замещения трехобмоточных трансформаторов с отрицательным сопротивлением одной из ветвей, выполненных в АрмНИИЭ по программе расчета установившегося режима с использованием матрицы Y [1].

Сопротивления ветвей схемы трехобмоточных трансформаторов определяются по формуле [5]:

$$R_i = \frac{\Delta P_k \cdot U_n^2 \cdot 10^3}{S_n^2} |O_k|; \quad (1)$$

$$X_i = \frac{U_{кк} U_n^2 \cdot 10^3}{S_n^2} |O_k|, \quad (2)$$

где ΔP_k — потери короткого замыкания при номинальной нагрузке трансформатора, кВт;

$U_{кк}$ — напряжение короткого замыкания в процентах от номинального;

S_n — номинальная мощность трансформатора, кВА;

U_n — номинальное напряжение трансформатора, кВ.

Схема замещения трехобмоточного трансформатора представляется в виде, приведенном на рис. 1, а.

В нашем примере рассматривается ветвь 3-4 с отрицательным реактивным сопротивлением.

Так как диагональные элементы матрицы Y равны сумме элементов строки с обратным знаком:

$$Y_{mm} = - \sum_{k=1}^n Y_{mk} = g_{mm} - jb_{mm}, \quad (3)$$

то для узла 4

$$g_{44} = - \sum (g_{41} + g_{42} + g_{43}); \quad (4)$$

$$b_{44} = - \sum (b_{41} + b_{42} + b_{43}), \quad (5)$$

где

$$g_{43} = - \frac{r_{43}}{(r_{43})^2 + (x_{43})^2}, \quad (6)$$

$$b_{43} = - \frac{x_{43}}{(r_{43})^2 + (x_{43})^2}. \quad (7)$$

В выражении (7) реактивное сопротивление x_{43} принимает отрицательное значение из-за напряжения короткого замыкания ($U_{кз}$), входящего в формулу (2):

$$U_{кз3} = \frac{U_{кз1-3} + U_{кз2-3} - U_{кз1-2}}{2}; \quad (8)$$

$x_{43} < 0$, т. к.

$$U_{кз1-2} > U_{кз1-3} + U_{кз2-3}. \quad (8a)$$

Следовательно, $b_{44} < \sum_{k=1}^3 |b_{4k}|$ не удовлетворяет критерию сходимости [4].

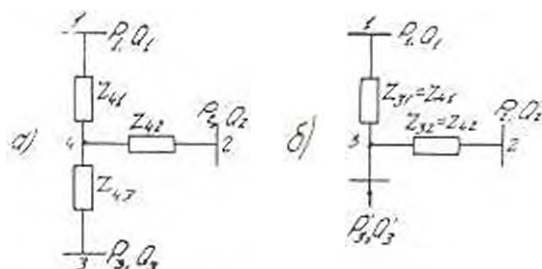


Рис. 1. Схемы замещения трехобмоточного трансформатора с отрицательным реактивным сопротивлением:

а — исходная; б — эквивалентная

Предлагаемый способ. Сущность предлагаемого способа заключается в эквивалентном преобразовании схемы рис. 1,а в схему рис. 1,б, что осуществляется следующим образом.

Мощности P_3 , Q_3 , приложенные в узле 3, переносятся в узел 4 с учетом потерь мощности в ветви 4—3.

Потери активной и реактивной мощностей определяются по формулам

$$\pi_{43} = \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U_{43}^2} \cdot r_{43}, \quad q_{43} = \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U_{43}^2} \cdot x_{43}, \quad (9)$$

где π_{43} и q_{43} соответственно потери активной и реактивной мощностей. Мощности, приложенные к узлу 4, определяются так:

$$P_4 = P_3 + \pi_{43}; \quad Q_4 = Q_3 + q_{43}. \quad (10)$$

Примеры исследования нескольких схем замещения Армянской энергосистемы приведены в табл. 1, и, как видно, для I и II вариантов не удалось получить сходимость итерации при рассмотрении открытой схемы. Однако в общих случаях при замене открытой схемы эквива-

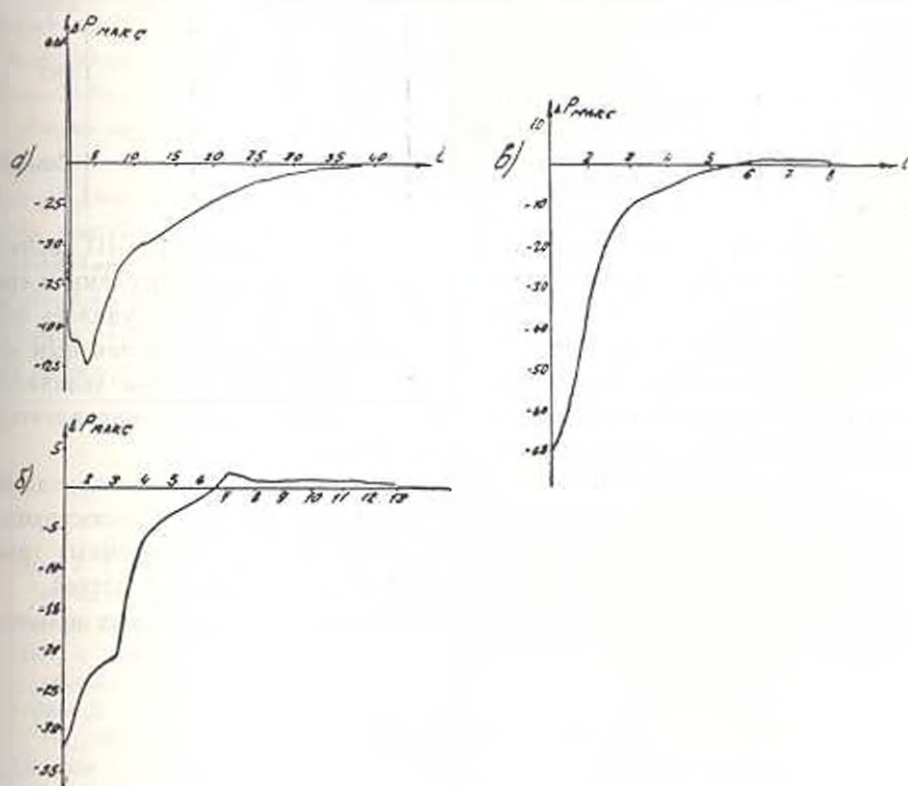


Рис. 2. Графики итерационных процессов.

а — вариант III—4; б — вариант II—2; в — вариант I—2.

($\Delta P_{\max}$ — максимальный дисбаланс активной мощности; l — итерация)

Таблица 1

Варианты	№ по порядку	С х е м а	Общее число узлов	Число генераторных и нагрузочных узлов	Число трехобмоточных трансформаторов	Число ветвей с отрицательными сопротивлениями	Сходимость итерации
I	1	Зангезурской электросети	78	33	10	8	Нет
	2	Та же схема после эквивалентирования	33	33	10	8	Сходится
II	1	Западной электросети	80	36	9	7	Нет
	2	Та же схема после эквивалентирования	36	36	9	7	Сходится
III	1	Армянской энергосистемы	134	74	24	19	Нет
	2	Та же схема после эквивалентирования	74	74	24	19	Нет
	3	Схема Армянской энергосистемы (п = 134) без отрицательных ветвей	115	74	5	—	Нет
	4	Та же схема после эквивалентирования	74	74	5	—	Сходится

лентным многополюсником была получена сходимость. Для III варианта не удалось получить сходимость итерации для открытой схемы с сравнительно большим числом отрицательных ветвей—19. Не удалось получить сходимость даже при замене открытой схемы эквивалентным многополюсником. При использовании предлагаемого способа эквивалентного преобразования для той же схемы, представленной эквивалентным многополюсником, сходимость обеспечивается.

Полученные для III варианта результаты наглядно показали эффект от замены открытой схемы эквивалентным многополюсником и от использования предлагаемого способа учета трехобмоточных трансформаторов с отрицательными сопротивлениями одной из ветвей.

На рис. 2 дано графическое изображение итерационных процессов для сходящихся задач.

Выводы

1. Итерации, связанные с расчетом установившихся режимов энергосистем, содержащих трехобмоточные трансформаторы с отрицательными реактивными сопротивлениями ветвей, в ряде случаев оказываются расходящимися.

2. Одним из способов обеспечения сходимости итерации в таких расчетах является замена исходной схемы замещения системы эквивалентным многополюсником.

3. Наиболее эффективным для обеспечения сходимости итерации оказался предлагаемый способ эквивалентного переноса нагрузки в нейтральный узел схемы замещения трансформатора.

АрмНИИЭ

Поступило 25.XI.1975.

Ա. Ա. ԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Վ. Դ. ՊՈՂՈՍՈՎ, Ն. Ա. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ՀԱՅԿՏՐԱՔՆԵՐԿԱՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՀԱՄԱՏԱՏՎԱԾ ԻՆՏԵՐՄՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՆԵՐՈՒՄ ԻՆՏԵՐԱՅԻԱՅԻ ՉՈՒԿԱՄԻՏՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ԽՈԱՓԱԹՈՒՅԹ ՏՐԱՆՍՖՈՐՄԱՏՈՐՆԵՐԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐՆԵՐԻ ԱԶԳԵՑՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ

Ա Վ Փ Ո Փ Ա Ր Վ

Հոդվածում շարադրված է հոսափաթույթ տրանսֆորմատորների փոխարինման սխեմայում բացասական ռեակտիվ դիմադրությունը հաշվի առնելու դեպքում խոնրացիայի զուգամիտության ապահովումը էլեկտրաէներգահամակարգերի հաստատված ռեժիմների հաշվարկներում:

Բացասական հաշվելով հոսափաթույթ տրանսֆորմատորները պարունակող էներգահամակարգերի հաստատված ռեժիմները հաշվարկելիս խոնրացիաները չեն զուգամիտում: Այդպիսի հաշվարկներում խոնրացիայի զուգամիտությունը ապահովելու մեթոդներից մեկը նախնական սխեմայից համարժեք բազմաբևեռի սխեմային անցնելն է: Խոնրացիայի զուգամիտությունն ապահովելու մյուս, առավել էֆեկտիվ մեթոդը առաջարկվող մեթոդն է, որի էությունը բնորոշ համարվելը տեղափոխումն է տրանսֆորմատորի փոխարինման սխեմայի չեզոք կետը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Адомиц Г. Т. Метод расчета установившегося режима электрической системы. «Электричество», № 5, 1972.
2. Фазылов Х. Ф. Методы режимных расчетов электрических систем. Ташкент, 1964.
3. Стотт Б. Обзор методов расчета потоков распределения. Труды НИЭР, США (русск. перевод), 1974. т. 62, № 7.
4. Фадеев И. К., Фадеева В. И. Вычислительные методы линейной алгебры. Физматгиз, 1963.
5. Глазунков Л. А. Электрические сети и системы. ГЭИ, 1954.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Э. А. ДАСТАКЯՆ, М. В. САНДЮН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПО ОБЩЕМУ УРОВНЮ ШУМА

Предлагается метод оценки качества изготовления зубчатых колес по общему уровню шума на различных скоростях вращения в режиме холостого хода.

В качестве измерительной аппаратуры были использованы импульсный шумомер PSI-202 и самописец Н-110.

При исследовании шума зубчатых колес был использован модернизированный универсальный контрольно-обкатной станок модели 5791. С целью плавного изменения скорости, а также увеличения скоростного диапазона, взамен асинхронного короткозамкнутого электродвигателя типа АОЛ-2/31/ЧС1 на стенде установлен двигатель постоянного тока типа ПП15.

Для экспериментов были отобраны 12 зубчатых пар по 3 комплекта со случайными отклонениями геометрических параметров.

Известно, что наличие погрешностей в зубчатых парах приводит к появлению периодических составляющих, позволяющих оценивать значение погрешности по уровню спектральных составляющих [1].

Наряду с исследованием оценки качества зубчатых пар по частотному составу шума [2], нами сделана попытка оценивать значения погрешностей, т. е. отклонение геометрических параметров зубчатых колес по общему уровню шума.

В процессе проводимых стендовых исследований обнаружилась интересная взаимосвязь между исходным уровнем шума L_0 и качеством сопрягаемых зубчатых колес: чем выше исходный уровень, тем меньше угловой коэффициент B , характеризующий качество сопрягаемых зубчатых колес, т. е.

$$L_0 = L_{\max} - 1,21g \left(\frac{n_{\max}}{n_{\min}} \right)^B, \quad (1)$$

где $L_{\max}$ — максимальный уровень шума, дБ;

$n_{\min}$, $n_{\max}$ — минимальное и максимальное число оборотов в минуту, соответственно.

Анализ экспериментальных данных, проведенный по формуле (1), показал, что коэффициент B и L_0 являются параметрами, зависящими как от степени точности изготовления зубчатых пар, так и от диапазона скорости вращения.

При исследовании зубчатых пар коробок скоростей токарно-винторезного станка модели 1М61, аппроксимируя экспериментальные данные по общему уровню шума на n -ом числе оборотов, выражение (1) принимает вид:

$$L = L_{\text{мзкс}} - B \left(A \lg \frac{n_{\text{мзкс}}}{n_{\text{мин}}} - \frac{n}{n_{\text{мин}}} \right), \quad (2)$$

где A — константа диапазона скорости вращения (для зубчатых пар токарно-винторезных станков $A = 1, 2$).

Граничными условиями зависимости (2) являются: максимальный уровень шума; отношение диапазона скорости вращения, позволяющего посредством углового коэффициента оценивать влияния погрешностей в зависимости от числа оборотов n . При этом весьма существенное значение имеет угловой коэффициент, который колеблется в диапазоне $9 \leq B \leq 23$. Для качественно изготовленных зубчатых колес, соответствующих ГОСТ 1643-72, значение углового коэффициента может быть и больше 23.

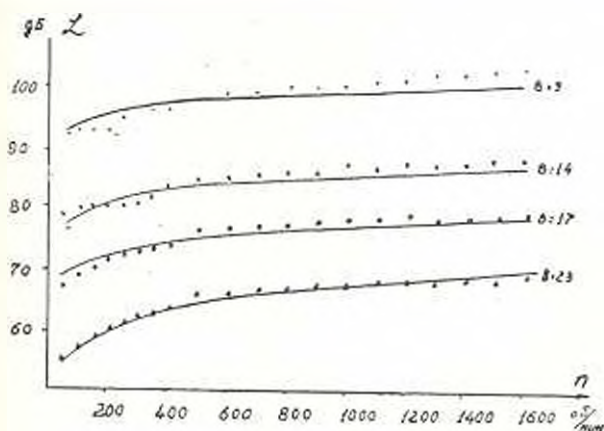


Рис. 1

Для иллюстрации на рис. 1 приведены графики зависимостей измеренного уровня шума от скорости вращения. Результаты стендовых исследований приведены в табл. 1.

Экспериментальные данные были обработаны на ЭВМ. Анализ результатов экспериментальных данных показал, что при одинаковых значениях модуля и ширины зубчатых колес и при меньших значениях углового коэффициента наблюдается превышение исходного уровня шума над нормальным.

Таким образом, можно прийти к выводу, что только по значениям колебаний углового коэффициента в диапазоне $9 \leq B \leq 23$ представляется возможным оценивать погрешности окружного шага Δt_0 , направления зуба ΔB_0 и профиля F испытываемых зубчатых пар.

Таблица 1

Передаточное число $\frac{z_k}{z_{ш}}$	$\frac{36}{50}$	$\frac{25}{68}$	$\frac{21}{42}$	$\frac{60}{33}$	$\frac{27}{59}$	$\frac{60}{33}$	$\frac{31}{55}$	$\frac{25}{68}$	$\frac{42}{51}$	$\frac{18}{44}$	$\frac{44}{40}$	$\frac{42}{51}$	$\frac{42}{51}$	$\frac{25}{60}$	$\frac{60}{33}$	$\frac{23}{63}$	$\frac{27}{59}$	$\frac{31}{55}$
Угловой коэффициент B	9	10	12	13	13	13	15	15	15	17	19	21	23	23	23	23	23	23
Накопленная погрешность* окружного шага $\Delta a, \text{мм}$							$\frac{18}{25}$	$\frac{19}{16}$	$\frac{20}{16}$	$\frac{26}{20}$	$\frac{27}{20}$							
Погрешность* на направление зуба $\Delta B_0, \text{мм}$	$\frac{20}{30}$	$\frac{20}{15}$	$\frac{15}{20}$	$\frac{25}{23}$	$\frac{30}{27}$	$\frac{20}{23}$												
Погрешность* на профиль $F, \text{мм}$	$\frac{30}{60}$	$\frac{45}{33}$	$\frac{25}{65}$	$\frac{24}{32}$	$\frac{51}{30}$	$\frac{40}{20}$	$\frac{21}{30}$	$\frac{25}{60}$	$\frac{23}{24}$	$\frac{40}{20}$	$\frac{30}{20}$	$\frac{32}{16}$	$\frac{30}{30}$	$\frac{70}{19}$	$\frac{23}{30}$	$\frac{70}{22}$	$\frac{70}{14}$	$\frac{23}{25}$
Исходный уровень шума $L_0, \text{дБ}$	90	85	85	85	85	80	80	80	80	78	75	75	75	74	72	70	70	70
Ширина шестерни или колеса, мм	13	15	20	15	13	15	13	15	15	22	22	15	15	28	28	15	13	13
Модуль, мм	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2	2

* В числителе приведены погрешности колес (в мм), в знаменателе—шестерен.

Следует также отметить, что на значение углового коэффициента существенное влияние оказывает погрешность профиля вследствие деформации зубьев зубчатых пар, что, в конечном итоге, приводит к нарушению рисунка пятна контактов. Установлено также, что, зная диапазон колебаний скорости вращения, диапазон колебаний углового коэффициента, характеризующего качество зубчатых пар, представляется возможным оценить уровень шума на любой скорости вращения зубчатых пар.

АрмИИИИСА

Поступило 27.1.1976.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуров О. Б. Метод разделения акустических сигналов шестеренных пар. В со-
«Вопросы диагностики и обслуживания машин», Новосибирск, 1968.
2. Дастакян Э. А. Анализ шума коробок скоростей фрезерного станка модели 675.
Труды VIII Всесоюзной акустической конференции, М., 1973.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Г. С. ОРДУЯН, Л. О. ЖАМГАРЯН

ВВОД ИНФОРМАЦИИ С ПЕРФОКАРТ В ЭВМ «УРАЛ-14»

Как известно, в ЭВМ серии «Урал» в полупроводниковом исполнении («Урал-11, -14, -16») осуществляется контроль правильности обработки информации на всех этапах работы машины. Этим целям служат использование метода контроля по мод 3, а также применение кодов с обнаружением ошибок (коды «3 из 6» и «1 из 10»). Такая система контроля позволяет локализовать почти любую ошибку, свой или несправность машины.

Наряду с этим контроль работы вводимых устройств с помощью кода «3 из 6» приводит к одному существенному недостатку, который особенно проявляется при работе не в автокоде ЭВМ, а на языках более высокого уровня. Так, например, при наличии транслятора с алгоритмического языка Фортран обычно на каждой перфокарте пробивается всего лишь одна инструкция, а оставшаяся часть карты вынужденно заполняется пробелами (—), чтоб можно было ввести ее в машину (иначе «сработает» код «3 из 6»). Получается абсурд: ненужный в принципе (в смысле информативности) символ пробела пробивается лишь затем, чтоб потом проверить правильность его пробивки.

Вынужденное заполнение перфокарты пробелами, в свою очередь, чревато следующими нежелательными последствиями:

1. Существенно замедляется подготовка перфокарт за счет увеличения продолжительности самого процесса пробивки, а также утомления операторов-перфораторщиц;
2. Имеет место неравномерный и ускоренный износ игуансонов перфораторов, особенно тех позиций, которые фигурируют в коде пробела;
3. Нарушается жесткость перфокарт, коэффициент заполнения которых всегда равен 0,5, вследствие чего увеличивается вероятность замятия карты. Кроме того, так как в конечной части всех карт пробит один и тот же символ (пробел), то увеличивается взаимное трение, а следовательно, и «сцепление» перфокарт, что также способствует замятию.

Предлагаемая ниже методика ввода лишена всех вышеперечисленных недостатков и позволяет ввести в ЭВМ информацию с перфокарт, в которых отсутствуют пробивки в неиспользованных колонках.

Идея заключается в следующем: произвести такие (по возможности минимальные) изменения в устройстве ввода УВВК-601, чтоб при вводе

каждой пустой (без пробивок) колонки в ЭВМ, вернее в устройство, считывающее с перфокарт У-216, поступил код пробела. Принципиальная схема изменений приведена на рис. 1.

В машине «Урал-14» символу «пробел» соответствует на перфокарте код 12-2-3-4-6-7. Следовательно, при наличии пустой колонки в соответствующих этим позициям разрядах выходного регистра УВК-601 следует записать единички [1]. Запись осуществляется в таком порядке. При отсутствии пробивок в данной колонке формирователь 2Ф3/620—Б5 синхронно с «Синхр. К» выдает импульс, устанавливающий в состоянии «1» указанные на рис. 1 триггеры выходного регистра. При этом для установки триггеров позиций 12; 2 и 3 используются свободные кла-

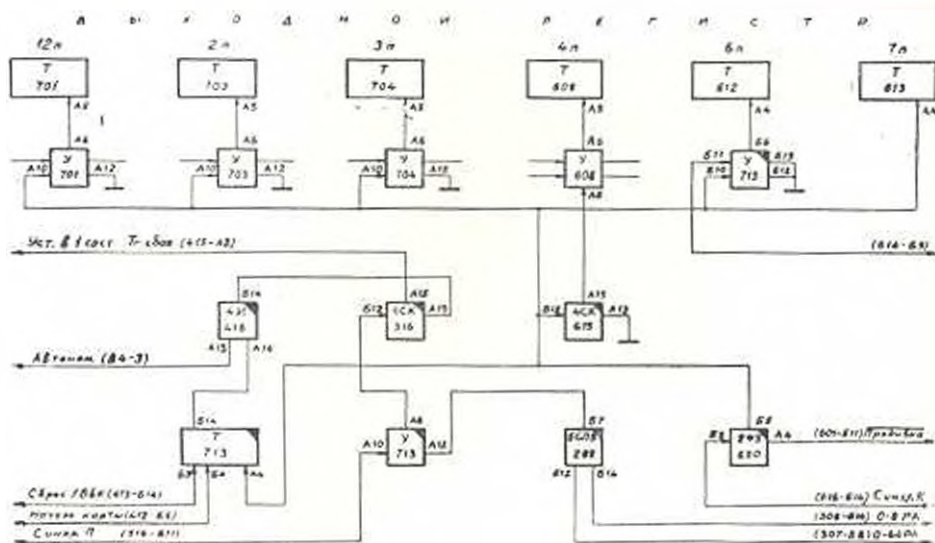


Рис. 1 Принципиальная схема изменений в устройстве ввода УВК-601 (Отмеченные черным треугольником в правом верхнем углу элементы внесены после схемных изменений).

паны имеющихся усилителей У/701, У/703 и У/704, для триггера позиции 4—свободный диодно-трансформаторный клапан 4СК/615—А15, для триггера позиции 6—усилитель У/713—Б6, добавляемый в схему ячейки ТУ/713 (отсоединить провод от Т/612—А4 и соединить его (провод) с У/713—Б11, затем соединить Т/612—А4 с У/713—Б6), и, наконец, для триггера позиции 7—свободный установочный вход Т/613—А4. Соответствующие потенциальные входы клапанов заземляются (имитация пробивок). Из выходного регистра код пробела поступает в устройство У-216 по своим обычным каналам. Таким образом, задача решается довольно просто.

Теперь возникает другая проблема. Дело в том, что нередко встречаемая на перфокарте ошибка в виде пустой колонки (из-за невнимательности оператора-перфораторницы или сбоя перфоратора), которая раньше обнаруживалась кодом «3 из 6», теперь будет считываться как

код пробела, вызывая сдвиг информации или синтаксическую ошибку. В схеме предусмотрена возможность обнаружения и даже локализации такого рода ошибок (одной пустой колонки или же их последовательности).

Схема работает следующим образом. Импульсом «Начало карты» триггер Т/713 устанавливается в состояние «0», оставаясь в этом положении до поступления первой пустой колонки. В этом случае импульс формирователя 2Ф3/620 перебросит его в состояние «1», и низкий уровень с выхода Б14 триггера поступит на вход А14 инвертора 4И/416, подготавливая тем самым к пропуску диодно-трансформаторный клапан 4СК/316*. Если теперь появится хотя бы одна колонка с пробивками, то возникший при этом импульс «Синхр. П» через усилитель У/713—А6 поступит на вход Б12 клапана 4СК/316. Последний выдаст сигнал на вход А8 клапана 4СК/415 (на схеме не показан) и установит триггер сбоя в состояние «1», вызвав тем самым «Сбой». Сигнал «Сбой» остановит устройство УВвК—601, и ввод информации прекратится. В регистре адреса при этом зафиксируется число $n+1$, где n — номер колонки (или последней колонки в последовательности), в которой отсутствуют пробивки. Обнаружение пустой колонки возможно вплоть до 72-й колонки включительно. Запрет после 72-й колонки осуществляет схема совпадения 5СП3/202, на входы которой поданы нулевые выходы триггеров 4-го (0-8РА) и 7-го (0-64РА) разрядов регистра адреса. Данная блокировка предусмотрена для случая, когда в колонках 73—80 имеется информация (наименование программы или последовательная нумерация строк в программе). Режим «ловли» пустых колонок блокируется также в автономном режиме работы устройства ввода (со входа А13 инвертора 4И/416). В противном случае исключается возможность настройки и наладки устройства ввода в автономном режиме с помощью макетов перфокарт I и Ia [2].

При введении указанных изменений использованы имеющиеся в наличии в устройстве входы свободные элементы с добавлением всего одной ячейки ТУ/713. Отметим также, что имеется возможность вводить в ЭВМ как старые карты (с пробелами), так и новые (с пустыми колонками), и, разумеется, смешанные колоды перфокарт.

Описанная методика ввода разработана и реализована на ЭВМ «Урал-14Д» и успешно применяется в Армянском НИИ энергетики.

АрмНИИЭ

Поступило 3.VII.1976

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство ввода перфокарточное УВвК—601. Схемы принципиальные электрические и схемы трансформаторов. Альбом № 2, 1970.
2. Устройство ввода перфокарточное УВвК—601. Техническое описание, Инструкция по эксплуатации. Альбом № 5, 1970.

* Прежде следует устранить заводской дефект на УВвК-601, а именно: перебросить провода со входов А13, А14 клапана 4СК/316—А15 на входы А7, А8 клапана 4СК/316—А9.

УДК 621.9—752

К вопросу стабилизации качества станков. Есаян М. А., Хачумян А. В., Мартиросян Г. С. «Известия АН АрмССР (серия Т. II.)», т. XXIX, № 5, 1976, 3—11.

Вибрация холостого хода станка рассматривается как универсальный показатель качества изготовления и сборки, подлежащий нормированию, контролю и несущий информацию о дефектах. Показано, что виброскорость обладает наибольшей чувствительностью к различным дефектам. В случае невыполнения нормы по суммарной виброскорости станок подлежит вибродиагностике дефектов на основе спектрального подхода.

Илл. 1. Библ. 7 назв.

УДК 62—341+621.828

К синтезу кулисно-карданного механизма приближенно-равномерного движения. Мкртчян Л. Б. «Известия АН АрмССР (серия Т. II.)», т. XXIX, № 5, 1976, 12—15.

Рассматривается получение приближенно-равномерного движения, которое достигается путем соединения кулисного механизма с однопарным карданным шарниром. Определены параметры полученного механизма и приведены графики по их определению.

Илл. 3. Библ. 2 назв.

УДК 62—50:519.2

К вопросу оптимизации нелинейных инерционных объектов первого порядка. Рафаелян Р. С., Мирзоян А. М., Кантарджян Г. Л. «Известия АН АрмССР (серия Т. II.)», т. XXIX, № 3, 1976, 16—19.

Выводится модифицированная процедура стохастической аппроксимации, заключающаяся в синтезе метода прогнозирования установившихся значений переходного процесса и «чистой» процедуры Кифера-Вольфовица—Кестена.

Введенный алгоритм делает возможным применение данной процедуры к оптимизации инерционных объектов. При этом обеспечивается ускоренная сходимость поиска к экстремуму за счет прогнозирования значений статической характеристики по информации о начальной части переходного процесса.

Библ. 3 назв.

УДК 65.012.122+519.82

Синтез оптимального И-нейрона. Мкртчян С. О., Газизян В. П., Гасарян Г. С. «Известия АН АрмССР (серия Т. II.)», т. XXIX, № 5, 1976, 20—24.

Рассмотрена задача синтеза оптимального И-нейрона по задающей булевой функции. Для ее решения вводится функционал относительно весов и значимостей взаимодействий И-нейрона, минимум которого соответствует оптимальному И-нейрону. Показано, что указанная задача сводится к задаче линейного программирования. Приведен пример синтеза И-нейрона, реализующего булеву функцию трех переменных.

Илл. 1. Библ. 8 назв.

УДК 691.5+666.9]:535.24

Измерение концентрации пропиточных растворов фотометрическим методом. Винуни В. О., Николаичик Я. Н., Трифонов С. Д., Трифонова Л. Д., Черягин Ф. Н. «Известия АН АрмССР (серия Т. II.)», т. XXIX, № 5, 1976, 25—30.

Теоретически и экспериментально исследован фотометрический абсорбирующий метод определения концентрации растворов терморезактивных связующих, основанный на фотоэлектрическом измерении интенсивности проходящего светового потока при селективном поглощении раствором связующего падающей лучистой энергии. Приведены спектральные характеристики поглощения связующих на основе эпоксидных смол при различных значениях концентрации связующего и зависимость оптической плотности раствора от концентрации связующего. Дана структурная схема автоматического фотометра для измерения концентрации пропиточных растворов в производстве армированных пластиков. Описан его принцип действия и способ градуировки; приведены данные о погрешности прибора, указана область его практического применения.

Илл. 4 Библ. 3 назв.

УДК 622.694.4+532.595.2

Экспериментальное исследование гидравлического удара с разрывом сплошности потока. Ашмянц Э. И. «Известия АН АрмССР (серия Т. И.), т. XXIX, № 5, 1976, 31—35.

Приводятся результаты экспериментальных исследований гидравлического удара с разрывом сплошности потока.

Эксперименты проводились на экспериментальной установке института АриНИИВПиГ. Полученные данные позволяют судить о величине максимального давления, способного возникнуть в напорном трубопроводе при гидравлическом ударе, и яснее представить физические процессы, возникающие при этом явлении.

Илл. 6 Библ. 3 назв.

УДК 62—408.8+66.096.5

Скорость начала псевдооживления некоторых промышленных зернистых материалов в реальных условиях. Давтян Г. А., Айнштейн В. Г., Григорян Р. В., Амамчян М. Г. «Известия АН АрмССР (серия Т. И.), т. XXIX, № 5, 1976, 36—41.

Дана методика экспериментального определения скорости начала псевдооживления (ϖ_0) промышленных зернистых материалов в реальных условиях. Описана технологическая схема разработанной экспериментальной установки и схема системы регулирования контроля температуры псевдооживления слоя твердых частиц.

Приведены результаты экспериментального определения значений ϖ_0 некоторых промышленных зернистых материалов (алюмосиликатель, корунд, поташ, стекло, перлит, шлак), которые сопоставлены с расчетными значениями, полученными по формулам ряда авторов. Сопоставление показало, что наилучшую сходимость дает универсальная формула, предложенная О. М. Тодесом, Р. Б. Розенбаумом и В. Д. Горюшко, охватывающая различные гидродинамические режимы движения оживающего агента.

Выведена корреляционная формула для определения скорости начала псевдооживления исследованных зернистых материалов.

Илл. 5 Табл. 2 Библ. 9 назв.

УДК 621.311.1.16.014.1.001.21

Исследование влияния параметров трехобмоточных трансформаторов на сходимость итерации в расчетах установившихся режимов электроэнергетических систем. Арутюнян А. А., Погосов В. Г., Карапетян Н. А. «Известия АН АрмССР (серия Т. И.), т. XXIX, № 5, 1976, 45—49.

В статье изложен способ обеспечения сходимости итерации в расчетах

установившихся режимов энергосистем при наличии в схеме замещения трехфазного трансформатора ветви с отрицательным реактивным сопротивлением. При расчетах установившихся режимов энергосистем, содержащих трехфазные трансформаторы с отрицательными ветвями, итерации не сходились.

В указанных расчетах одним из способов обеспечения сходимости итерации явился переход от первичной схемы к схеме эквивалентности многополюсника. Более эффективным способом обеспечения сходимости итерации является предлагаемый метод, сущность которого заключается в эквивалентном переносе нагрузки в нейтральную точку схемы замещения трансформатора.

Илл. 2. Табл. 1. Библ. 5 назв.

УДК 621.833-534.83

Исследование возможности оценки качества зубчатых колес по общему уровню шума. Дастакян Э. А., Сандоян М. В. «Известия АН АрмССР (серия Т. II)», т. XXIX, № 5, 1976, 50—52.

Предлагается метод оценки качества изготовления зубчатых колес по общему уровню шума на различных скоростях вращения в режиме холостого хода. Выведена экспериментальная зависимость между исходным уровнем шума и качеством сопрягаемых зубчатых колес. Получено выражение, позволяющее оценивать влияние погрешности сопрягаемых зубчатых колес по уровню шума.

Илл. 1. Табл. 1. Библ. 2 назв.

УДК 681.3.04

Ввод информации с перфокарт в ЭВМ «Урал-14». Ордуян Г. С., Жамгарян Л. О. «Известия АН АрмССР (серия Т. II)», т. XXIX, № 5, 1976, 53—55.

Описана методика ввода информации в ЭВМ «Урал-14», позволяющая вводить в вычислительную машину перфокарты с пустыми (без пробелов) колонками при помощи стандартного устройства ввода УВК-601 с некоторыми схемными изменениями. Предложенная методика позволяет отказаться от вынужденного заполнения перфокарты непустыми (в смысле информативности) пробелами, что способствует существенному ускорению процесса подготовки перфокарт, меньшему и равномерному износу пулсионов перфораторов, а также уменьшению вероятности замятия перфокарт.

Илл. 1. Библ. 2 назв.

СОДЕРЖАНИЕ

Машиностроение

М. А. Есаян, А. В. Хечумян, Г. С. Муртиросян. К вопросу стабилизации качества станков	3
Л. Б. Мкртчян. К синтезу кулисно-карданный механизма приближенно-рашомерного движения	12

Вычислительная техника

Р. С. Рафаелян, А. М. Мирзоян, Г. Т. Кантарджян. К вопросу оптимизации нелинейных инерционных объектов первого порядка	16
С. О. Мкртчян, В. Н. Газян, Г. С. Гасварян. Синтез оптимального П-нейрона	20

Измерительная техника

В. О. Ванцки, Я. Н. Николаичик, С. Д. Трифонов, Л. Д. Трифонова, Ф. Н. Червякин. Измерение концентрации пропиточных растворов фотометрическим методом	25
---	----

Гидравлика

Э. П. Ацинянц. Экспериментальное исследование гидравлического удара с разрывом сплошности потока	31
Г. А. Давтян, В. Г. Айништейн, Р. В. Григорян, М. Г. Алимпян. Скорость начала псевдооживления некоторых промышленных зернистых материалов в реальных условиях	36

Энергетика

А. А. Арутюнян, В. Г. Погосов, Н. А. Карапетян. Исследование влияния параметров трехобмоточных трансформаторов на сходимость итерации в расчетах установившихся режимов электроэнергетических систем	45
--	----

Научные заметки

Э. А. Дастакян, М. В. Савидян. Исследование возможности оценки качества зубчатых колес по общему уровню шума	50
Г. С. Ордуян, Л. О. Жамгарян. Ввод информации с перфокарт в ЭВМ «Урал-11»	53

Բ ՈՎ Ա Ն Կ Ա Կ ՈՒ Թ Յ ՈՒ Ն

Մ Ե Բ Ե Ս Ա Ղ Ի Ե Մ Ք Յ ՈՒ Ն

Մ. Ա. Եսայան, Ս. Վ. Խելոյան, Գ. Ս. Մարտիրոսյան. Հասարակական տարածքի կառուցման հարցի շուրջը	3
Լ. Ս. Սկրտչյան. Մոտավոր-հավասարային շարժման կուլիսա-կարգանային մեխանիզմի սինթեզի շուրջը	12

Հ ա ղ Վ ո ղ ա կ ա ն ու Ն խ ն ի կ ա

Ռ. Ս. Ռաֆայելյան, Տ. Մ. Միրզոյան, Ի. Լ. Ղևոնդյան. Խոսքի կարգի ոչ-գծային ինքնակառուցման օպտիմիզացիայի հարցի շուրջը	16
Ս. Հ. Սկրտչյան, Վ. Ն. Գուրգոյան, Գ. Ս. Գալստյան. Սեղանի օպտիմալ եկրոնի սինթեզ	20

Ս ա փ ո ղ ա կ ա ն ու Ն խ ն ի կ ա

Վ. Ս. Վանունի, Յու. Ի. Նիկոլայիկ, Ս. Դ. Տերֆոնով, Լ. Դ. Տերֆոնովա, Ֆ. Ն. Սերյաբին. Տոգորիչ լուծույթների կոնցենտրացիայի չափումը լուսաչափական մեթոդով	25
---	----

Հ ի ղ Բ ա վ ի կ ա

Է. Պ. Աշխիսեց. Հոտերի անընդհատության խզմամբ հիդրավիկական հարվածի փորձա-րարական ուսումնասիրության	31
Ի. Ս. Գալլյան, Վ. Հ. Այնշտեյն, Ի. Վ. Գրիգորյան, Մ. Գ. Համաճյան. Որոշ արդյու-նաբերական հատկավոր նյութերի պակտոնիզացիայի կրիտիկական արագությունը իրական պայմաններում	36

Է Ե Ն Բ Վ Ե տ ի կ ա

Ա. Ա. Հաբուրյուկյան, Վ. Դ. Պոլյուսով, Ն. Ա. Կաբալսոյան. Հիդրոաէներգիայի համակարգերի հաստատված ուժի մեծության հաշվարկներում խտրացիայի զուգամիտության վրա նուստաթույլ տրանսֆորմատորների պարամետրերի ազդեցության հետազոտում	45
--	----

Գ ի տ ա կ ա ն Ե ո Ւ Ե Բ

Է. Ս. Գալստյան, Ս. Վ. Սանդոյան. Առամեանիզմների որակն բառ աղմուկի քննադատական հարցի շուրջը	50
Գ. Ս. Օրդալյան, Լ. Մ. Ժամհուրյան. Մարտի—14-ի ՀՀ-ի մեջ ինֆորմացիայի մտքերի պերֆորմանսների	57

