

УДК 676.026

## ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПЕРФОРИРОВАННОЙ ПЛИТЫ ГАСИТЕЛЯ ПУЛЬСАЦИИ БУМАЖНОЙ МАССЫ

**Вассин Георгий Юрьевич,**  
студент, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,  
г. Екатеринбург, E-mail: [vassingoga@yandex.ru](mailto:vassingoga@yandex.ru)

**Исаков Сергей Николаевич,**  
канд. техн. наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,  
г. Екатеринбург, E-mail: [Sergevisako@ya.ru](mailto:Sergevisako@ya.ru)

*Ключевые слова:* пульсация давления, гаситель пульсации, бумажная масса.

*Аннотация.* Рассмотрены источники пульсации в массоподводящей системе бумагоделательной машины. Описаны типы гасителей пульсации и представлена методика компьютерного расчета элементов гасителей пульсации.

## HYDRODYNAMIC CALCULATION OF A PERFORATED PLATE OF THE PULSATION DAMPER OF PAPER PULP

**Vassin Georgy Yuryevich,**  
student, Ural State Forest Engineering University,  
Yekaterinburg, E-mail: [vassingoga@yandex.ru](mailto:vassingoga@yandex.ru)

**Isakov Sergey Nikolaevich,**  
Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor  
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, E-mail: [Sergevisako@ya.ru](mailto:Sergevisako@ya.ru)

*Key words:* pressure pulsation, a pulsation damper, paper pulp.

*Abstract.* The sources of pulsations in the mass transfer system of a paper machine are considered. Describes the types of vibration pulsation and presents a methodology of the computer calculations of the elements of the dampers pulsation.

Бумажный лист формируется на сеточной части бумагоделательной машины. Один из факторов, определяющих равномерность свойств листа – это равномерность отлива, которая зависит от постоянства скорости напуска. Обеспечение равномерного напуска – это одна из функций массоподводящей системы (МПС), которая располагается до бумагоделательной машины.

В массоподводящей системе (рис. 1) в основном потоке последовательно установлено технологическое оборудование: насосы (поз. 2 и 6), машинные сортировки (поз. 3 и 7), вихревые очистители (поз. 4), деаэратор (поз. 5) и гаситель пульсаций (поз. 8), которые соединяются трубами с установленными задвижками. Конструктивно МПС - это пространственная трубопроводная система с поворотами труб во всех трех направлениях и перепадами высот до двух десятков метров.

Все оборудование МПС виброактивно и (или) является источниками пульсаций давления даже в бездефектном состоянии, а наличие дефектов усиливает это отрицательное воздействие.

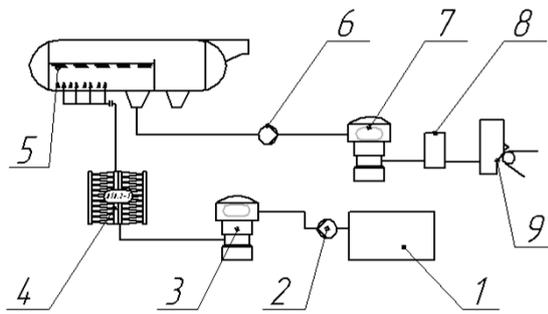


Рис. 1. Принципиальная схема МПС: 1- машинный бассейн; 2, 6 – насосы; 3, 7 – напорные сортировки; 4 – вихревые очистители; 8 – гаситель пульсации; 9 – напорный ящик

Пульсация давления имеет акустическую природу и распространяется по трубопроводу в виде продольных волн в бумажной массе. Акустические волны от предыдущего оборудования, проходя через последующее, могут ослабляться или усиливаться, накладываясь на вновь образующиеся. Доходя до напорного ящика, пульсация давления изменяет скорость вытекания бумажной массы из напускной щели, что и вызывает неравномерность отлива [1].

Для уменьшения пульсации давления перед напорным ящиком устанавливается гаситель пульсации. Существует несколько типов гасителей пульсации: абсорбционные (рис. 2), интерференционные (рис. 3), гидропневматические (рис. 4) и др. [2].

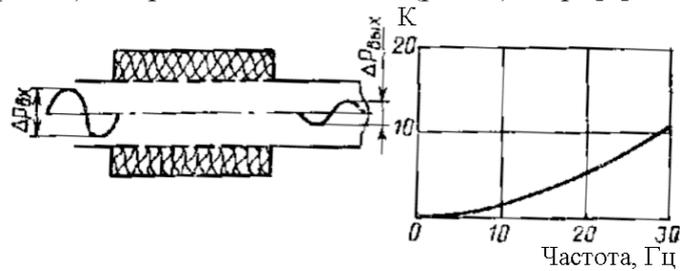


Рис.2. Абсорбционный гаситель пульсации давления

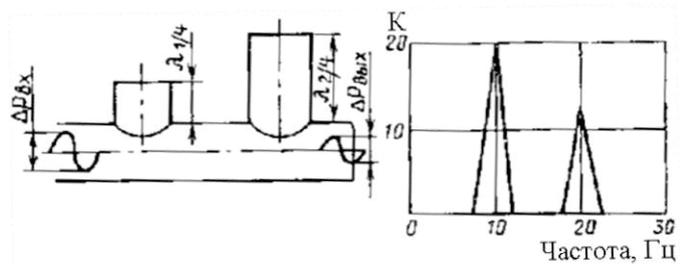


Рис.3. Интерференционный гаситель пульсации давления

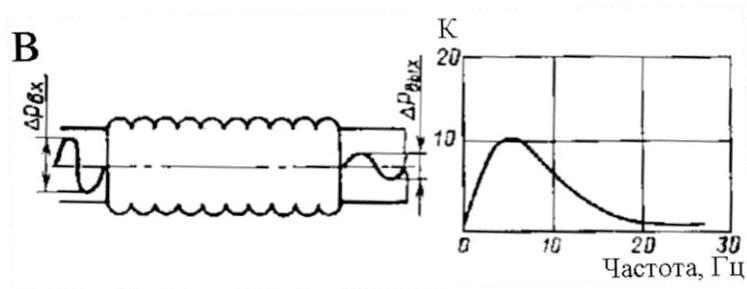


Рис. 4. Гидропневматические гаситель пульсации давления

Гасители различаются по способу уменьшения пульсации давления: рассеивание энергии пульсации (абсорбционные), наложении волн со сдвигом фаз (интерференционные), а также гидропневматические. Отдельно можно выделить гидродинамические, которые перераспределяют энергию пульсации в потоке. Современные гасители используют комбинированные гасители (совмещение нескольких типов). Справа от рисунков представлены графики зависимости коэффициента ослабления пульсации от частоты пульсации. Коэффициент ослабления пульсации рассчитывается как отношение пульсации давлений на входе и на выходе.

В реальной массоподводящей системе каждый источник может давать возмущения на нескольких частотах. Пульсационное воздействие, приходящее к гасителю пульсации, представляется в виде суммарного воздействия всех источников на широком диапазоне частот. На рис. 5 представлен спектр вибрации напорного ящика, который косвенно отражает частотный состав пульсационного воздействия. Источниками возмущений являются машинные сортировки (поз. 1), смесительный насос (поз. 2), вихревые очистители (поз. 3).

Верхним пределом частот возмущений, которые могут повлиять на качественные показатели бумаги, указывается, в различных источниках, от 20 до 100 Гц [3-6]. «Волны» на сеточном столе, образованные пульсацией давления свыше верхней границы, успевают растечься на «зеркале залива».

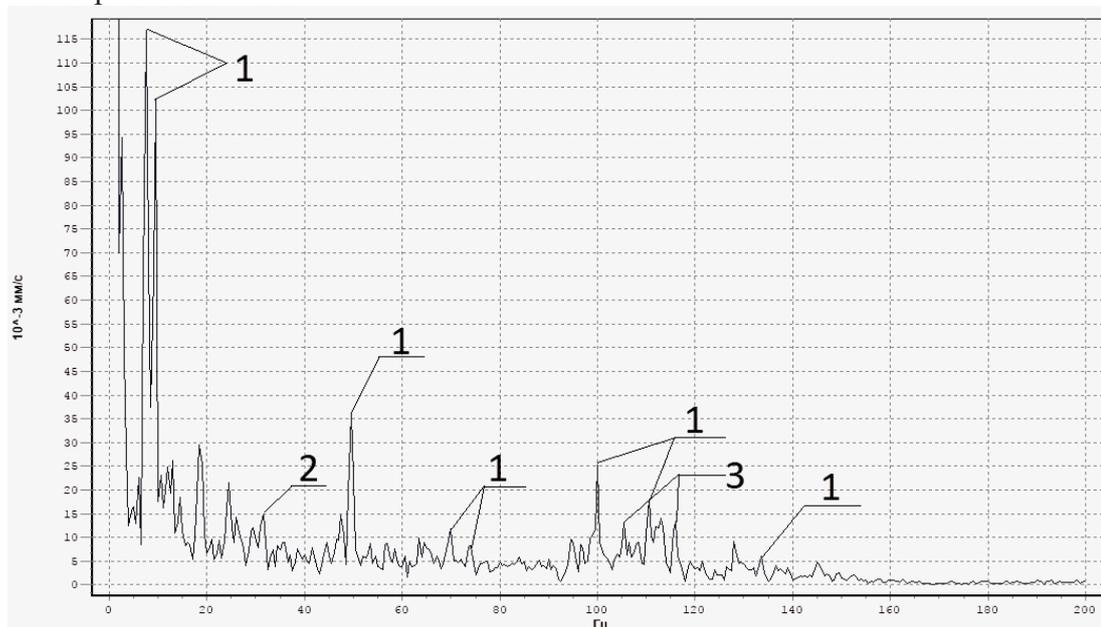


Рис. 5. Спектр вибрации корпуса напорного ящика. Источники вибрации: 1 – машинные сортировки, 2 – смесительный насос, 3 – вихревой очиститель

При анализе работы гасителей интерференционного типа видятся две основные проблемы. Во-первых, например, при частоте возмущения 10 Герц, длина акустической волны в бумажной массе составит порядка 100 м, т.е. четвертьволновый гаситель должен быть суммарной длиной волновода 25 м, что в стесненных условиях цеха сложно воплотить. Во-вторых, при широкополосном возбуждении четвертьволновый гаситель может усиливать волны на определенных частотах, то есть гаситель работает только на узкой полосе частот.

Абсорбционные гасители переводят энергию колебаний в тепловую и рассеивают её в окружающую среду и эффективно гасят только высокочастотные пульсации [2].

Гидропневматические гасители переводят энергию пульсации в энергию сжатия, а также работают по принципу акустического резонатора [2].

Гидродинамический способ гашения не нов, в напорных ящиках устанавливаются перфорированные плиты. Роль перфорации заключается в уменьшении пульсации давления,

выравнивании потока и разбивки узелков волокон. Это происходит из-за того, что жидкость, проходя через отверстие меньшего диаметра, ускоряется и, после его прохождения, резко расширяется в отверстии большего диаметра. Из-за острой кромки происходит срыв потока и его турбулизация, перемешивание. Далее по течению завихрения ослабевают, и при выходе поток успокаивается. При турбулизации происходит перераспределение энергии колебаний давления (пульсации), и давление выравнивается по объему.

Методика аналитического расчета степени гашения и объема воздушной камеры в полной мере описана профессором Терентьевым О.А. [2].

Для определения параметров течения бумажной массы через перфорированную плиту создадим твердотельную модель жидкости около перфорированной плиты, которая представлена на рис. 6.

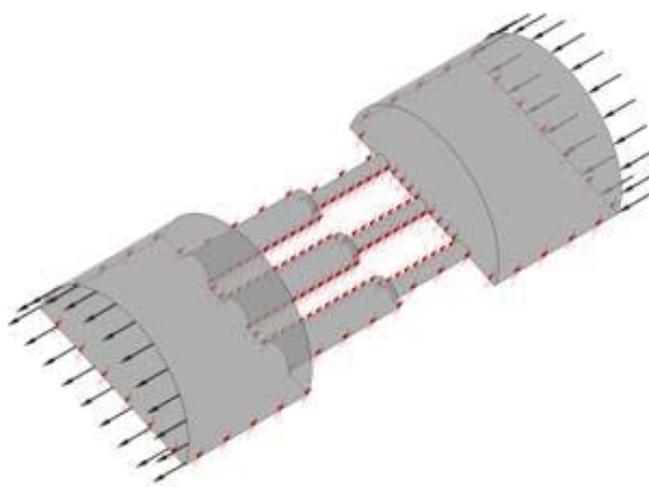


Рис. 6. Твердотельная модель жидкости

Расчет модели проводился в программе инженерных расчетов. При задании свойств жидкости, граничных условий произведен расчет. Результаты расчетов течения жидкости через перфорированную плиту представлены на рис. 7-13.

Векторные картины распределения скоростей представлены на рис. 8, а его фрагмент – на рис. 9. Линии тока движения скоростей представлены на рис.10, а их фрагмент – на рис. 11. Объемные картины распределения скоростей и давлений представлены на рис. 12 и 13 соответственно.

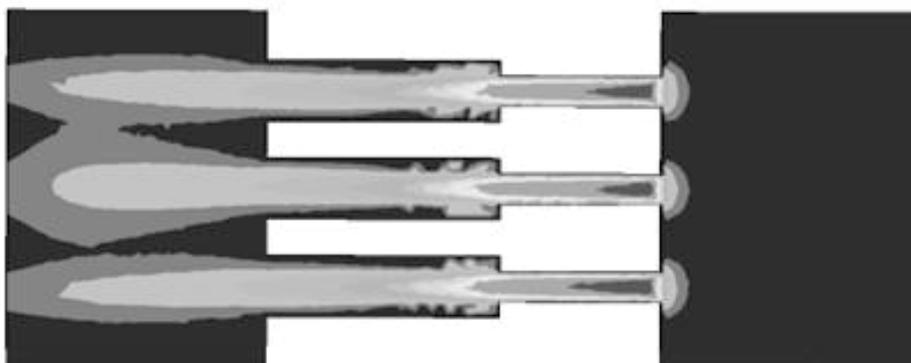


Рис 7. Поле распределения скоростей массы около перфорированной плиты

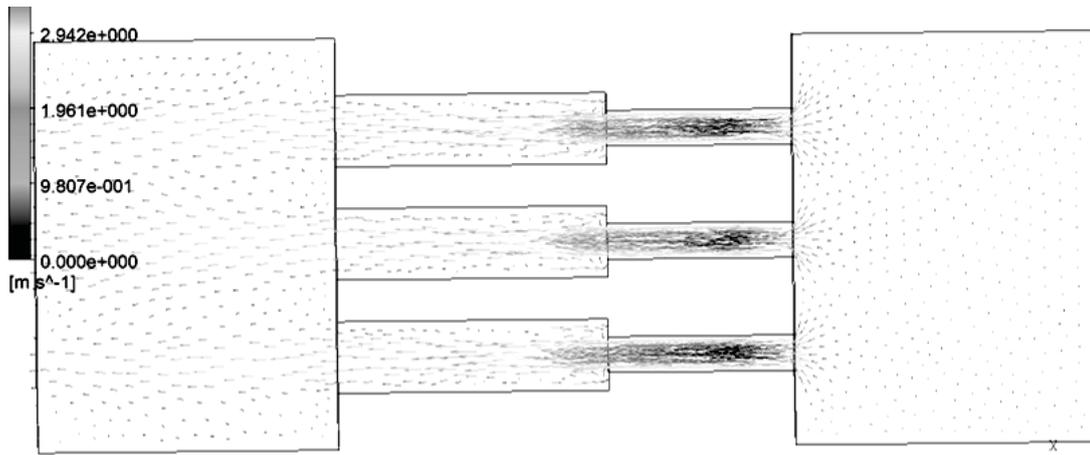


Рис. 8. Векторная картина распределения скоростей жидкости бумажной массы

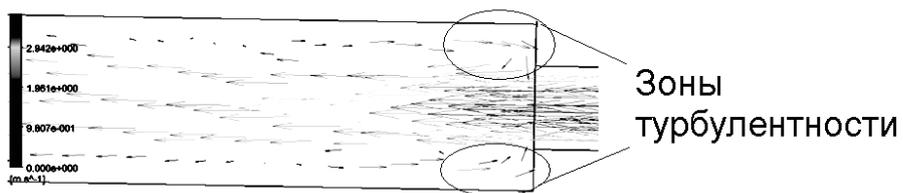


Рис. 9. Фрагмент векторной картины распределения скоростей жидкости бумажной массы

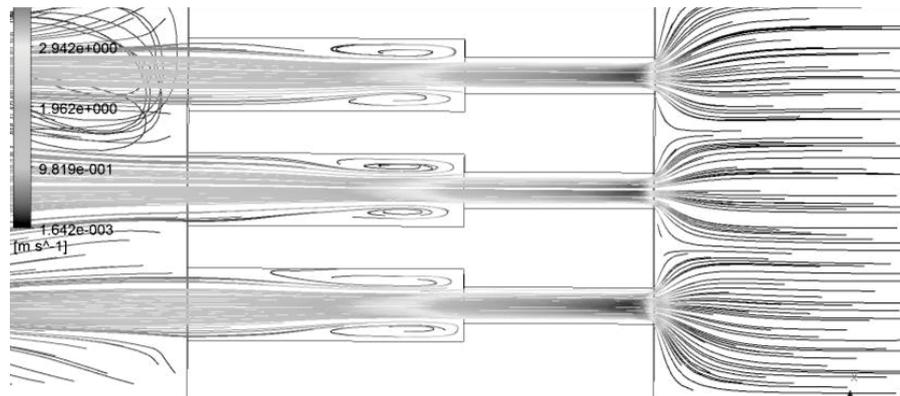


Рис. 10. Линии тока движения скоростей

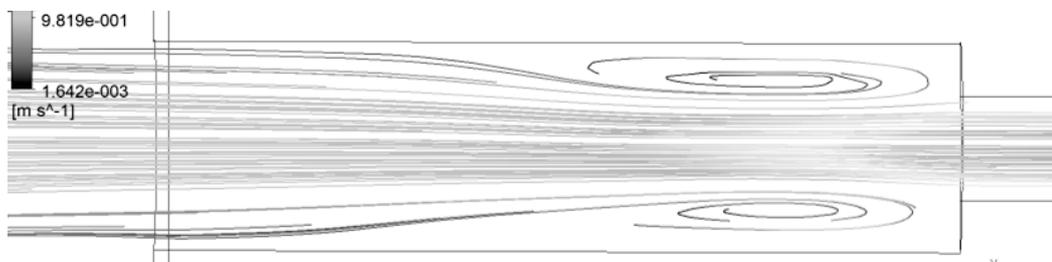


Рис. 11. Линии тока движения скоростей в отверстиях перфорированной плиты

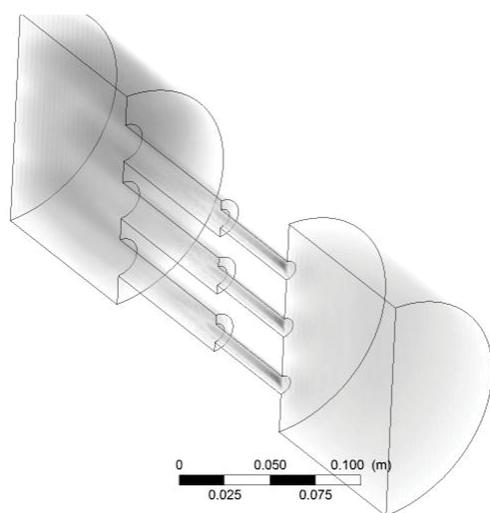


Рис. 12. Объемная картина распределения скоростей около отверстий

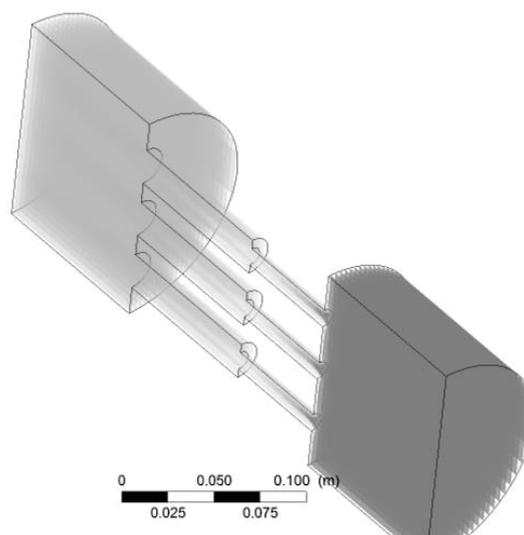


Рис. 13. Объемная картина распределения полного давления около отверстий

Результаты моделирования совпадают с теоретическим представлением процессов, протекающих в жидкости в перфорированной плите. Данное моделирование требует более детального расчета (уточнение свойств жидкости, материала корпуса, его жесткостных характеристик и т.д.) для более точных результатов и приближении модели к реальному поведению жидкости.

## Список литературы

1. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. Бумаго- и картоноделательные машины / И. Д. Кугушев [и др.] ; [под ред. Н. Н. Кокушина, В. С. Курова] ; С.-Петерб. гос. технолог. ун-т растительных полимеров. - Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического ун-та, 2006. - 588 с
2. Терентьев О.А. Массоподача и равномерность бумажного полотна / О.А. Терентьев. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 264 с.
3. Паргин А.И. Исследование влияний пульсационных возмущений в массоподводящей системе бумагоделательных машин на распределение массы 1 м<sup>2</sup> готовой продукции.: дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. 05.06.03. – Л., 1981. – 160 с.
4. Blanc Peter E. He stock pulse measurement iecyto improved pressure screcn design. – Pulp and Paper, 1981,v55, № 3, p. 68-71.
5. Erickson R., Burry Analysing pressure pulsation Variations in stock apparoach systems caused by fan pumps. – Pulp and Paper, 1979, v53, № 13, p. 25-28.
6. Meinecke A. Apparative Losungeu der Blattbildung. Uberblick uber stoff zubauf system und stoffauflauf. – Wochenbeatl fur Papier fabrikations., 1978, № 3, vio6. – s. 96-101.