

Исследование массообменных характеристик экспериментального устройства охлаждения зоны резания

Ю.А. Захаров, Е.Г. Рылякин, А.А. Николотов

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Аннотация: Была разработана компьютерная математическая модель, позволяющая прогнозировать протекание рабочих процессов в устройстве. Для оценки достоверности полученной модели выполнено исследование массообменных характеристик экспериментального устройства охлаждения. Анализируя графики массообменных характеристик модели и экспериментального устройства охлаждения, можно сделать вывод об их соответствии. Проведенные испытания позволили выявить три характерные зоны распределения двухфазных газожидкостных потоков, возникающих в рабочей зоне распылителя при выходе распылителя на установившийся режим работы. Доказано, что оптимальным давлением воздуха на входе вихревой камеры можно считать 0,10...0,15 МПа.

Ключевые слова: эжекция, охлаждение зоны резания, математическая модель, диспергатор, эмульсия, аэрозоль, смазка, турбулентность, давление, массообмен, распыление.

С помощью программного продукта COSMOSFloWorks, была разработана компьютерная модель работы устройства охлаждения зоны резания, способная обеспечить получение воздушно-жидкостных аэрозолей, содержащих одновременно газ, капли масел и капли водных эмульсий, что обеспечит эффективное охлаждение и смазку зоны резания при обработке поверхности восстановленных наплавкой деталей машин [1, 2].

Начальные условия: давление воздуха на входе в штуцер 151987.5 Па, температура подаваемого воздуха - 293.2 К, начальная турбулентность потока - 2 %, расход воздуха - 0.0005125 кг/с, давление окружающей среды - 101325 Па при температуре 293.2 К [3, 4].

Для оценки достоверности полученной модели выполнено исследование массообменных характеристик экспериментального устройства охлаждения [3, 5]. В процессе исследования оценивались такие параметры работы устройства, как расход воздуха через устройство при изменении

давления и количество эжектируемой жидкости при изменении давления [5,6]. Результаты исследования представлены на рисунке 1а и 1б.

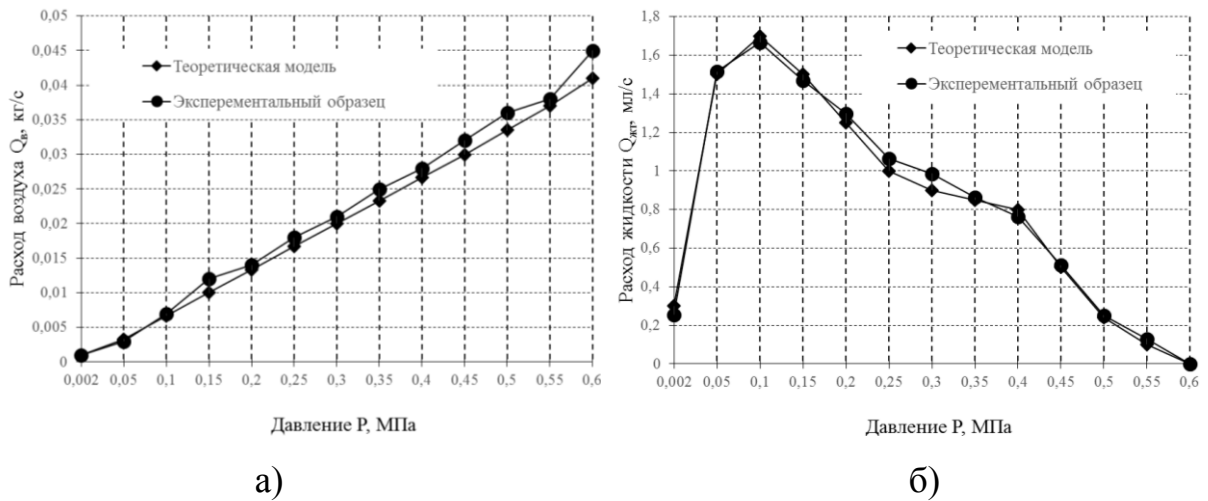


Рис. 1. – Результаты исследования

а) расход воздуха б) количество эжектируемой жидкости

Анализируя графики массообменных характеристик модели и экспериментального устройства охлаждения, можно сделать вывод об их соответствии. Различие между теоретическими и экспериментальными характеристиками обусловлено наличием ряда факторов, таких, как: несоответствие геометрических параметров экспериментального устройства охлаждения теоретической модели, несоответствие давления подаваемого воздуха теоретическому давлению и ряду других малозначительных факторов, при суммировании которых возникает эта погрешность [7, 8].

Кроме анализа соответствия массообменных характеристик, была проведена работа по визуализации процессов, происходящих в распылителе. Для реализации этого был изготовлен макет из прозрачного материала (полиметилметакрилата), представленного на рисунке 2. Фиксации полученных результатов проводилась средствами цифровой, фото- и видеосъемки. Выбранная методика позволила регистрировать мгновенное положение потоков через фиксированные промежутки времени.

Первый этап испытаний преследовал цель определения характера движения воздушных и жидкостных потоков в распылителе при изменении давления воздуха от 0 до выхода распылителя на устоявшийся режим работы, о чем должно свидетельствовать возникновение стабильного мелкодисперсного факела распыленной жидкости [3, 5].



Рис. 2. – Диспергатор-распылитель

При проведении испытания в цилиндрической части корпуса распылителя образуются 3 зоны, где происходят рабочие процессы. При малом давлении 0,05 МПа наблюдается то, что в нижней части камеры диспергатора-распылителя происходит диспергирование капель жидкости и ее выброс. В средней части наблюдаются крупные капли, расположенные в вихревом направлении. В верхней части зона, свободная от капель жидкости. Факел распыляется на 700 мм. При увеличении давления до 0,1 МПа, в нижней части диспергирование и выброс, дисперсность уменьшается.

В средней части, в отличии от нижней, жидкость находится в мелкодисперсном состоянии. В верхней части отсутствует жидкость, давление воздуха потока препятствует перемещению распыляемой среды выше средней части. Происходит уменьшение дисперсности распыляемой среды, увеличиваются размеры факела до 900 мм,

При дальнейшем увеличении давления до 0,2 МПа приводит к тому,

что в нижней части происходит диспергирование и распыление происходит с увеличением факела до 1500 мм, дисперсность продолжает уменьшаться. В средней части на стенках отсутствует жидкость.

Проведенные испытания позволили выявить три характерные зоны распределения двухфазных газожидкостных потоков, возникающих в рабочей зоне распылителя при выходе распылителя на установившейся режим работы (рис. 3) [9, 10].

Первая зона – зона интенсивного диспергирования эжектируемой жидкости вихревым потоком. Характеризуется относительно стабильными геометрическими размерами, мало зависящими от давления воздуха, но чувствительная к изменению количества эжектируемой жидкости.

Вторая зона – переходная зона, характеризуется практически полным отсутствием жидкой фазы.

Третья зона – зона мелкодисперсного тумана. Возникает в процессе обеднения восходящего приосевого потока центростремительными силами от жидкой фазы. Проведенные замеры влажности выходящего из распылителя воздуха показали, что она составляет 70-90%.

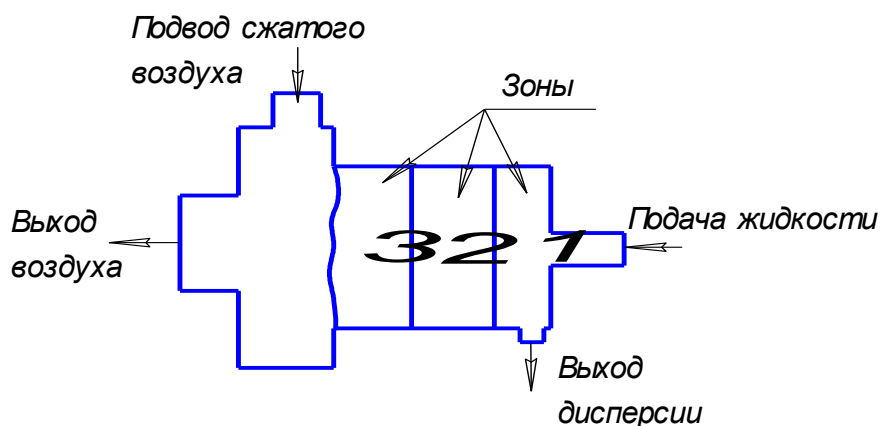


Рис. 3. – Схема распылителя устройства охлаждения

При уменьшении подачи жидкости дисперсность возрастает, но до определенного предела. Существует критическое состояние работы

распылителя. При недостаточной подачи жидкости в распылителе создается состояние равновесия, т.е. равенство давлений жидкостных и воздушных потоков, что может приводить к работе распылителя в режиме пульсации. Режим пульсации также происходит при превышении давления 0,3 МПа.

Выводы

1. Математическое моделирование и анализ поля скоростей и распределения давления в вихревой камере устройства охлаждения позволили выделить зоны образования вихревых потоков газа, эжектирования и диспергирования жидкости.

2. Экспериментальные исследования процессов формирования вихревых потоков на оптически прозрачной модели устройства охлаждения подтвердили наличие зоны завихрения воздушного потока, зоны эжектирования и зоны диспергирования жидкости [9, 10].

3. Доказано, что увеличение давления сжатого воздуха на входе вихревой камеры и возрастание скорости вихревых потоков приводит к интенсификации процессов диспергирования жидкости [9, 10]. Оптимальным давлением воздуха на входе вихревой камеры можно считать 0,10...0,15 МПа.

Литература

1. Волжин Г.Н., Вердников В.Г., Ровках С.Е. Восстановление изношенных деталей строительных машин. М.: Стройиздат, 1978. 178 с.

2. Демкин Н. Б. Контактное шероховатых поверхностей. М., «Наука», 1970. 227 с.

3. Санамян Г. В. Имитационное моделирование операций упрочнения поверхностным пластическим деформированием // Инженерный вестник Дона, 2008, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2008/69.

4. Шведова А. С. Обеспечение надежности технологического процесса

центробежно-ротационной отделочно-упрочняющей обработки // Инженерный вестник Дона, 2014, № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2616.

5. Маталин А.А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин. Киев: «Техника», 1971. 144 с.

6. Маталин А. А. Технология механической обработки. Л.: Машиностроение, 1977. 464 с.

7. Сулима А. Н., Шулов В. А., Ягодкин Ю. Д. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин. М.: Машиностроение, 1988. 240 с.

8. Рыжов О.В., Суслов А.Г., Федоров В. И. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. М.: Машиностроение, 1979. 176 с., ил.

9. Rothenstein Achim. Alternative zur Trockenbearbeitung // Werkzeuge, 2000. № 1. p. 14–17.

10. Yasuo Suzuki, Katsuhiko Sakai. Zhongguo jixie gongchenq // China Mech. Eng, 2000. № 9. p. 1035-1038.

References

1. Volzhin G.N., Verdnikov V.G., Rovkakh S.E. Vosstanovlenie iznoshennykh detaley stroitel'nykh mashin [Restoration of worn parts of construction machines] М.: Stroyizdat, 1978. 178 p.

2. Demkin N. B. Kontaktirovanie sherokhovatykh poverkhnostey [Contact with rough surfaces] М., «Nauka», 1970. 227 p.

3. Sanamyan G. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2008, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2008/69.

4. Shvedova A. S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2616.



5. Matalin A.A. Tekhnologicheskie metody povysheniya dolgovechnosti detaley mashin [Technological methods to improve the durability of machine parts] Kiev: «Tekhnika», 1971. 144 p.
6. Matalin A. A. Tekhnologiya mekhanicheskoy obrabotki [Machining technology] L.: Mashinostroenie, 1977. 464 p.
7. Sulima A. N., Shulov V. A., Yagodkin Yu. D. Poverkhnostnyy sloy i ekspluatatsionnye svoystva detaley mashin [Surface layer and operational properties of machine parts] M.: Mashinostroenie, 1988. 240 p.
8. Ryzhov O.V., Suslov A.G., Fedorov V. I. Tekhnologicheskoe obespechenie ekspluatatsionnykh svoystv detaley mashin [Technological support for the operational properties of machine parts] M.: Mashinostroenie, 1979. 176 p., il.
9. Rothenstein Achim. Werkzeuge, 2000. № 1. p. 14–17.
10. Yasuo Suzuki, Katsuhiko Sakai. China Mech. Eng, 2000. № 9. p. 1035-1038.