

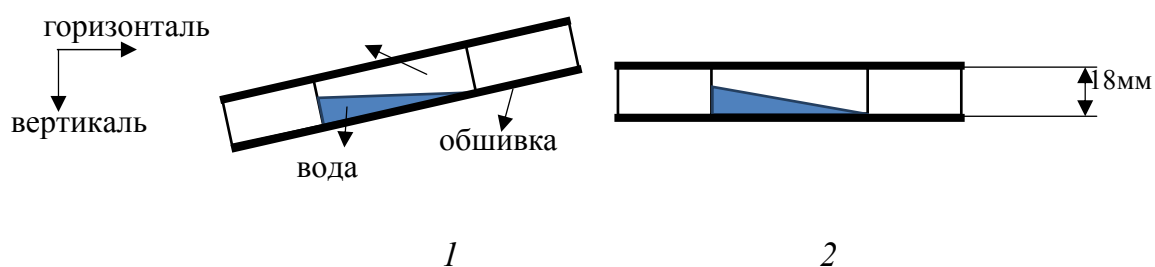
# ОЦЕНКА СКОПЛЕНИЯ ВОДЫ В НАКЛОННОЙ САМОЛЕТНОЙ ПАНЕЛИ ТЕПЛОВЫМ МЕТОДОМ КОНТРОЛЯ

**Я. Пань**

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Вавилов В.П., д.т.н., профессор*

Сотовая панель широко применяется в конструкции руля высоты, закрылок и некоторых секций фюзеляжа современных самолетов, скопление воды в самолетной панели влияет на экономичность и безопасность полета, имеется необходимость оценки скопления воды в сотовой панели, для этого, были разработаны разные методы контроля, тепловой метод является одним из самых эффективных методов для контроля скопления воды, а для количественной оценки воды, только ультразвуковой тепловой метод контроля пригодны. Для повышения эффективности контроля и сокращения объема работы, контроль скопления воды в сотовой панели эксплуатируемых самолетов без снятия соответствующих изделий имеет большое практическое значение.

В надлежащем состоянии эксплуатируемых самолетов, самолетные сотовые панели в конструкции закрылка, руля высоты или фюзеляжа могут быть не горизонтальными, а наклонными. По механизму проникновения воды [1], знаем, что проникновение воды происходит медленно, под действием эксплуатационных условий, распределение воды в наклонной панели может быть не равномерным, как показано на рис. 1, для удобства моделирования, трансформировали рис. 1. в вид, показанный на рис. 2.



*Рис. 1. Скопление воды в наклонной самолетной панели*

Обшивка изготовлена из композиционного материала – углепластика, толщина обшивки составляет 2 мм, размер дефектной зоны 3.8\*3.8 см, угол наклона 14 градусов. Данная работа посвящена поиску полезных информации при неравномерном распределении воды в самолетной панели, и определению возможности количественной оценки скопленной воды.

В начальном исследовании [2] уже было выяснено, что для горизонтальной панели количественная оценка воды может осуществляться сверху и снизу. В этом исследовании, мы будем рассматривать эти две ситуации для наклонной самолетной панели. Для удобства моделирования можно приблизительно рассматривать наклонную поверхность жидкости как ступенчатую, как показано на рис. 2.

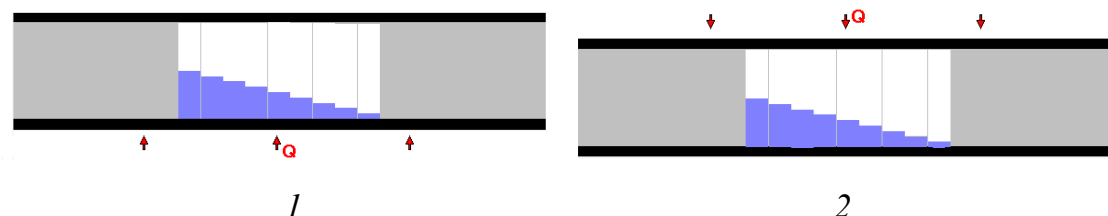


Рис. 2. Модель скопления воды в панели:  
1 – стимуляция снизу; 2 – стимуляция сверху

Моделирование сделано при помощи специализированной программы ThermoCalc-3D, на рис. 3 показано температурное поле при стимуляции снизу и сверху.

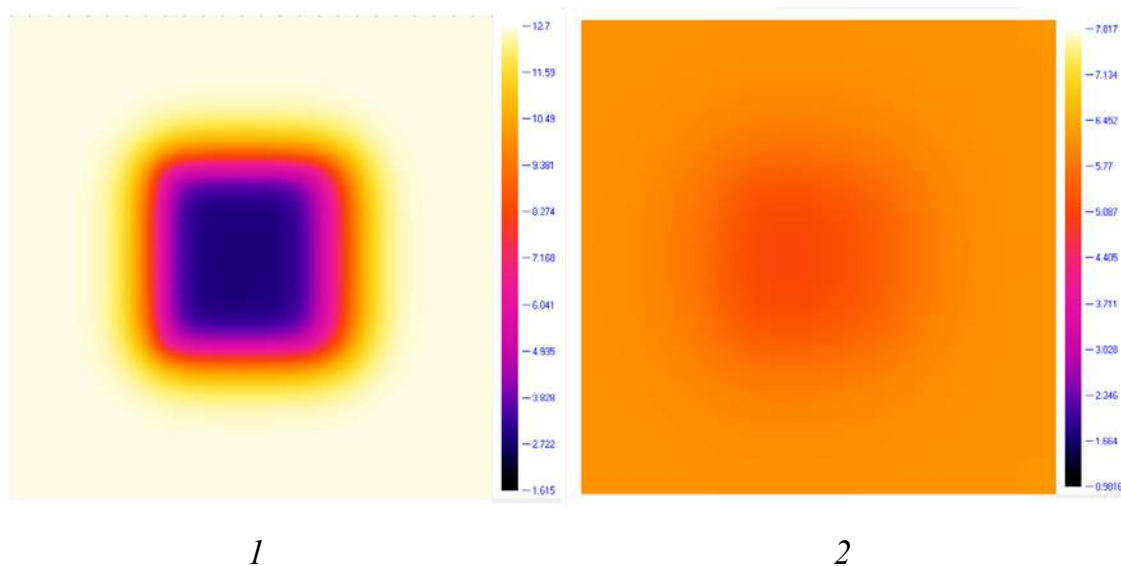
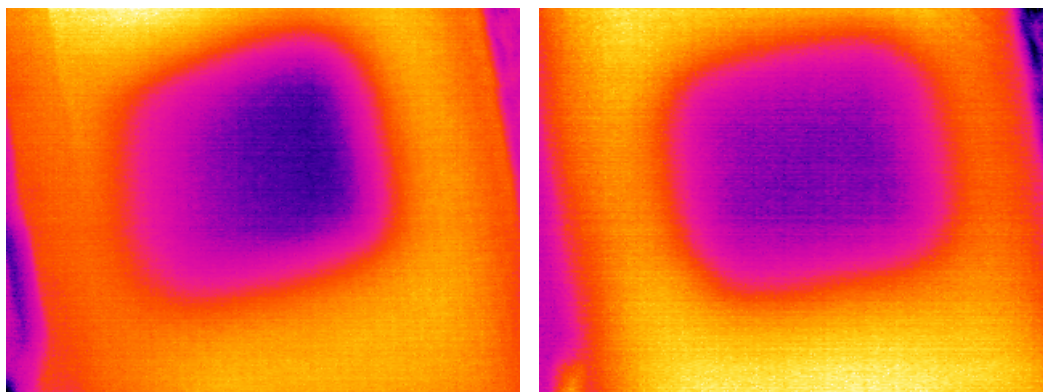


Рис. 3. Температурное поле: 1 – в момент 30с при стимуляции снизу;  
2 – в момент 80с при стимуляции сверху

При равномерном распределении воды распределение температуры на поверхности обшивки симметрично относительно центра дефектной зоны. При неравномерном распределении воды, распределение температуры несимметрично относительно центра дефектной зоны. В эксперименте применили галогенную лампу в качестве источника стимуляции, и применили тепловизор для регистрации температуры на поверхности

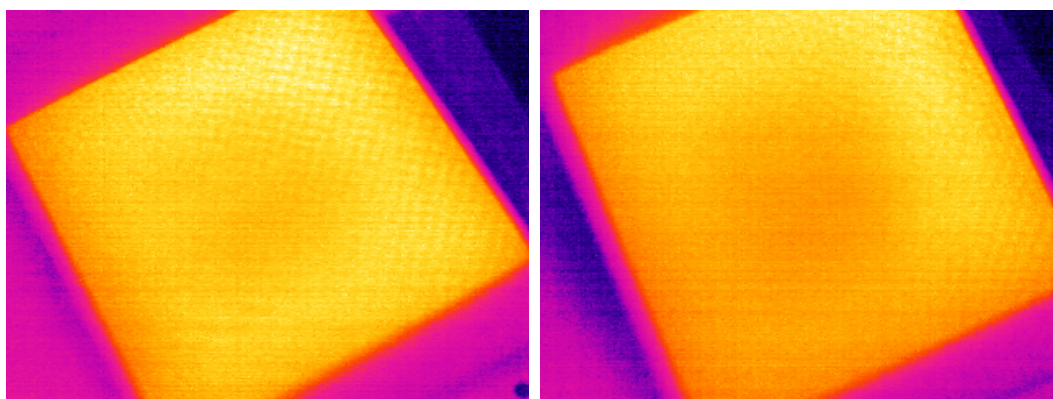
обшивки, выполнили сбор данных для горизонтальной и наклонной панели сверху и снизу, метод контроля соответствует схеме, показанной на рис. 2. Термограммы при контроле снизу показаны на рис. 4, термограммы при контроле сверху показаны на рис. 5.



1

2

*Рис. 4. Термограммы при стимуляции снизу: 1 – горизонтальная панель; 2 – наклонная панель (40 с)*



1

2

*Рис. 5. Термограммы при стимуляции сверху: 1 – горизонтальная панель(100 с); 2 – наклонная панель (100 с)*

При обработке термограмм выбрали центр дефектной зоны в качестве дефектной точки. Выбрали температурный сигнал  $\Delta T_m$ , температурный контраст  $C_m$  и соответствующие оптимальные времени наблюдения в качестве информативных параметров [3]. Результаты показаны в табл. 1 и табл. 2.

Из таблицы видно, что разница между наклонной панелью и горизонтальной панелью довольно мала.

Таблица 1

*Информативные параметры при стимуляции снизу*

	Информативные параметры (теоретические результаты)		Информативные параметры (экспериментальные результаты)	
	$\Delta T_m \tau(\Delta T_m)$	$C_m \tau(C_m)$	$\Delta T_m \tau(\Delta T_m)$	$C_m \tau(C_m)$
Наклонная панель	-9.787 (32.5)	-0.8235 (64.5)	-4.18 (38)	-0.68(63)
Горизонтальная панель	-9.149 (43)	-0.8226 (75.5)	-4.57 (37)	-0.71(64.5)

Таблица 2

*Информативные параметры при стимуляции сверху*

	Информативные параметры (теоретические результаты)		Информативные параметры (экспериментальные результаты)	
	$\Delta T_m \tau(\Delta T_m)$	$C_m \tau(C_m)$	$\Delta T_m \tau(\Delta T_m)$	$C_m \tau(C_m)$
Наклонная панель	-1.063 (165)	-0.205 (390)	-0.255(68)	-0.103 (107)
Горизонтальная панель	-0.9481 (175)	-0.1959 (415)	-0.243 (69)	-0.097 (102)

Для оценки скопленной воды, можно выбрать центр дефектной зоны в качестве дефектной точки, результаты при исследуемом угле наклонна довольно близки к результатам, полученным в горизонтальной панели, при проведении контроля, наклоном панели можно пренебречь. Результат исследования способствует упрощению практических задач контроля.

**Список информационных источников**

1. Katzman, Howard A., Robert M. Castaneda, and Han Sik Lee. Moisture diffusion in composite sandwich structures // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 39.5. – 2008. Pp. 887-892.
2. Vavilov Vladimir, et al. Detecting water ingress in aviation honeycomb panels: Qualitative and quantitative aspects // Polymer Testing. – 2016. Vol.54. – pp. 270-280.
3. Неразрушающий контроль: справочник / под общ.ред. В.В. Ключева.– М.: Машиностроение, 2004. – 679 с.