

Коли йдеться про безпеку пасажирів, ми покладаємось на SVM 3001

Актуально для: Виробники (контроль якості (КЯ)), розробки / дослідження реактивного палива, оптова торгівля паливом, оптові закупки реактивного палива (наприклад, аеропорти для КЯ палива).

Віскозиметр SVM 3001 від компанії Anton Paar надає змогу надійно визначати динамічну, кінематичну в'язкості та густину за низьких температур (до -60°C). Точність вимірювання відповідає вимогам стандарту ASTM D445, при цьому, процес вимірювання є значно простішим й швидшим.



1 Вступ

Окрім ряду інших параметрів, більшість типів реактивного палива має відповідати специфікаціям, задовольняючи вимоги щодо в'язкості відповідно до стандартів.

Anton Paar пропонує свій віскозиметр SVM 3001, який вимірює в'язкість згідно з вимогами стандарту ASTM D7042. Цей стандарт дає результати, які є альтернативою ASTM D445, DIN 51562 та ISO 3104. Це прекрасне рішення для швидкого та економічного вимірювання в'язкості при від'ємних температурах. Віскозиметр SVM 3001 в порівнянні з капілярним, потребує

- в 2 рази менше зразка
- в 4 рази менше розчинника для очищення
- в 4 рази менше електроенергії
- в 5 разів менше часу на вимірювання

в той час, як виконує вимірювання тієї ж точності.

На відміну від капілярних віскозиметрів, SVM 3001 може вимірювати залежності в'язкості від температури в широкому діапазоні за короткі проміжки часу. Такі тести дають більш повну та

детальну інформацію про поведінку реактивного палива ніж стандартні.

- Вимірювальна комірка в'язкості та густини з'єднанні, що надає змогу проводити її заповнення зразком за один раз.
- Одна вимірювальна комірка у всьому діапазоні в'язкості, густини і температури.
- Стандартний об'єм зразка при наповненні в ручному режимі – 5 мл.
- Одночасне вимірювання густини і в'язкості проходить одночасно при одній температурі.
- При тому, що для вимірювання віскозиметр SVM 3001 не потребує контролю з використанням комп'ютера, але на нього легко можна перенести результати вимірювань.

Цей звіт описує конкретний приклад того, як перевірити реактивне паливо за допомогою SVM 3001 й отримати дані, які відповідають вимогам стандарту ASTM D445.

2 Специфікація для низькотемпературних вимірювань

В залежності від типу палива для реактивних двигунів, вимірювання в'язкості проводиться при температурі -20°C , палив, які призначені для холодних умов при -40°C або навіть при -60°C . Для більшості видів палива, в специфікації додатково прописують вимірювання в'язкості при температурі $+20^{\circ}\text{C}$.

2.1 Прилад

Вимірювання при низьких температурах на SVM 3001 можна проводити так само, як у стандартному діапазоні температур: наповнення, очищення та сушка здійснюються при температурі вимірювання.

В діапазоні низьких температур важливо користуватися правильним обладнанням:

Вбудований кулер знижує вимірювальну температуру до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, відбираючи зайве тепло в термоелектричної системи охолодження. У цьому діапазоні не потрібне зовнішнє циркуляційне охолодження. При цьому, потрібно постійно тримати весь прилад сухим (внутрішню частину приладу, вимірювальну комірку). Конденсація або утворення льоду у вимірювальній комірці може призвести до неправильних результатів або навіть їх відсутності, конденсація у внутрішній частині приладу може призвести до пошкодження електроніки.

Для запобігання утворення конденсату у SVM 3001, пропускайте повільний потік висушеного повітря у внутрішню частину інструменту. Після промивання висушіть вимірювальну комірку попередньо висушеним стисненим повітрям або технічним азотом. У наступних розділах докладно перераховано обладнання для охолодження та сушіння, необхідне для вимірювання при низьких температурах.

2.2 Програмне забезпечення приладу

Програмне забезпечення приладу виконує всі обчислення автоматично, не потребує зовнішнього ПК. Вискозиметр обчислює безліч параметрів, крім кінематичної в'язкості, наприклад:

- Швидкість зсуву та зсувне напруження
- Густина в градусах API за різних температур
- Відносна густина API

2.3 Аксесуари для низькотемпературних вимірювань

2.3.1 Осушувачі повітря

- Осушене повітря з точкою роси не вище $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ або
- Технічний азот та відповідний регулятор тиску, щоб надійно обмежити максимальний тиск до 1 бар.

Набір для підготовки повітря дозволяє заповнювати комірку та очистку при температурі вимірювання. Більш того, осушене повітря постійно тримає внутрішню частину інструмента сухою.

2.3.2 Прилади та рідини для охолодження (нижче $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Температура вимірювальної комірки	Мінімальне необхідне обладнання при температурі $< 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	При температурі навколишнього середовища $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
$-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	Вбудований кулер	Циркуляційний термостат Julabo F250
$-40\text{ }^{\circ}\text{C}$	Циркуляційний термостат Julabo F250	Циркуляційний термостат Julabo FL601
$-50\text{ }^{\circ}\text{C}$	Циркуляційний термостат Julabo FL601	Циркуляційний термостат Julabo FP50-HE
$-60\text{ }^{\circ}\text{C}$	Циркуляційний термостат Julabo FP50-HE	

Таблиця 1: Рекомендовані циркуляційні термостати

Температура рідини	Охолоджуюча рідина
Від $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$	Деіонізована вода (плюс алгіцид та інгібітор корозії *)
Від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$	Суміш 70% деіонізованої води та 30% гліколь інгібітора *
Від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$	Суміш 60% деіонізованої води та 40% гліколь інгібітора *
Від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$	- Силіконова олія низької в'язкості - Етанол від 96% до 99%

* підходить для міді / латуні

Таблиця 2: Рекомендовані охолоджуючі рідини для зовнішнього термостату



Рисунок 1: SVM 3001 з циркуляційним термостатом Julabo F250 та фільтром для осушування повітря

Порада: Наполегливо рекомендується разом з приладом замовляти спеціальне калібрування для роботи з реактивним паливом. Див. Розділ 3.3 «Калібрування», сторінка 3.

2.3.3 Шланги для циркуляційної рідини для SVM 3001

- Набір шлангів для віскозиметра

Набір містить два попередньо зібраних шланги з подвійною ізоляцією і затискачами, довжина 1 м.

Щоб зменшити теплові втрати до мінімуму, шланги повинні бути максимально короткими та мати подвійну ізоляцію.

2.3.4 Рекомендовані витратні матеріали

- Скляний шприц (для ручного наповнення)

Примітка: Пластикові шприци хімічно не стійкі до реактивного палива.

3 Дослідження реактивного палива

3.1 Підготовка інструмента

Вимірювання речовин з низькою в'язкістю при низьких температурах вимагає більшої уваги до збереження герметичності SVM 3001, ніж у стандартному діапазоні температур. Регулярно перевіряйте систему на герметичність та робіть профілактичне обслуговування.

Перед початком вимірювань відкрийте замок вимірювальної комірки та зніміть вимірювальний ротор. Просушіть внутрішню камеру для вимірювальної комірки протягом декількох хвилин сухим повітрям. Вставте вимірювальний ротор відразу після цього на місце і закрийте замок вимірювальної комірки. Тепер продуйте вимірювальну комірку сухим повітрям за кілька хвилин до охолодження, щоб видалити сліди вологості повітря.

3.2 Налаштування

SVM 3001

Для вимірювання відповідно до ASTM D7042

- Метод: Стандартний
- Класс точности: Точные
- RDV по умол.: 0.10 %
- RDD по умол.: 0.0002 г/см³
- Предварительное увлажнение: да
- Время осушения (сжатый воздух, 0.3 бар):
 - при -20 °C: 40 с
 - при -40 °C: 60 с

Температура зовнішнього термостата

Температура комірки термостату	Діапазон температури
-20 °C	▪ Зовнішній термостат не потрібен
-40 °C	▪ мінімум: -10 °C ▪ максимум: +5 °C
-50 °C	▪ мінімум: -20 °C ▪ максимум: -10 °C
-60 °C	▪ мінімум: -40 °C ▪ максимум: -25 °C

Таблиця 3: Рекомендовані температури рідини зовнішнього циркуляційного термостата

Набір для підготовки повітря – тиск

- Для запобігання надто сильного прогрівання вимірювальної комірки, 0,3 бар достатньо.

- Для того, щоб висушити внутрішню частину приладу, достатньо повільного потоку (кілька літрів / хв). Роз'єм для шлангу підключення сухого повітря знаходиться на задній панелі SVM 3001.

3.3 Калібрування

Перед вимірюванням зразків виконайте калібрування на реактивному паливі для поліпшення відтворюваності. Ви також можете замовити необхідні калібрування разом з приладом SVM 3001.

- При -20 °C: реактивне паливо JF1-L (біля 3.7 мм²/с) і для N2B (біля 9 мм²/с)

Або N.4* (біля 0.75 мм²/с) та N2B.

- При -40 °C стандартні значення для палива для реактивних двигунів JF1-L (біля 7.2 мм²/с) і N2B* (біля 20 мм²/с)

Або N.4* і N2B* або N.4* і JF2.

* **Примітка:** Робіть запит на значення кінематичної в'язкості для N.4 при -20 °C та -40 °C і для N2B при -40 °C при замовленні.

Проводьте калібрування відповідно до інструкції приладу.

3.4 Підготовка зразка

Ніякої спеціальної підготовки зразків не потрібно. Якщо зразок не щойно взятий з виробничої лінії чи іншого резервуару, Ви можете покращити повторюваність, гомогенізуючи зразок перед тим, як проводити вимірювання :

- Наповніть. 100 мл зразка у скляну колбу.
- Закрийте її.
- Перемішуйте зразок за допомогою магнітної мішалки на малій швидкості біля 5 хвилин.

3.5 Наповнення

Завжди використовуйте скляний шприц.

Скляний шприц, що постачається з інструментом, має роз'єм Luer. Щоб підключити скляний шприц до приладу, вийміть вхідну трубку і вкрутіть адаптер Luer у адаптер вимірювальної комірки.

Об'єм зразка: ▪ 5 мл

3.6 Час охолодження та пропускна здатність приладу

Час охолодження:

Як правило, час охолодження залежить від температури вимірювання, температури навколишнього середовища, так само як від розміру ванни та швидкості охолодження термостата.

Якщо починати при кімнатній температурі, SVM 3001 готовий до вимірювання після:

- приблизно 20 хв., які необхідні для досягнення $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ з повітряним охолодженням
- приблизно 25 хв., які необхідні для досягнення $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ з рідиною в зовнішньому термостаті при $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Пропускна здатність:

- $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$: біля 8 зразків/год.
- $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$: біля 6 зразків/год.

3.7 Очищення

3.7.1 Розчинник

Важливо використовувати розчинник, який повністю висихає без залишків при низькій вимірювальній температурі. Нафтовий бензин (вуглеводневий

розчинник, суміш переважно C7, C8, C9 н-алканів) з діапазоном кипіння від $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ - найкращий вибір і універсальний розчинник для очищення в широкому діапазоні температур. Використовуйте цей розчинник як перший розчинник для промивання зразка.

Для поліпшення сушіння використовуйте похідну н-гептану або н-гексану як другий розчинник.

Якщо нафтовий бензин недоступний у вашій країні, можна використовувати як єдиний розчинник нафтовий ефір або н-гептан, й, відповідно, гексан.

Об'єм розчинника: ▪ 6 мл.

3.7.2 Процедура очищення

- Видаліть зразок з вимірювальної комірки, набравши його назад в шприц.
- Заповніть 2 мл розчинника в комірку одноразовим шприцем, просуньте плунжер кілька разів вперед - назад, потім видаліть розчинник. Бульбашки повітря, які утворюються, покращують очищення. Повторіть цю процедуру ще раз.
- Промийте вимірювальну комірку приблизно 2 мл свіжого розчинника.
- Підключіть стиснене повітря, щоб висушити вимірювальну комірку.

Докладніше дивіться у посібнику з експлуатації SVM X001.

4 Результати вимірювання

У цьому звіті порівнюються результати, які було отримано при вимірюванні палива для реактивних двигунів, використовуючи віскозиметр SVM 3001 (ASTM D7042) та капілярний віскозиметр (ASTM D445) при температурі $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Зразок	AST	ASTM	Δ	Різниця між D445 та D7042
	M	D7042		
	D445	*		
	мм ² /с	мм ² /с	мм ² /с	%
Jet Fuel A-1	5.068	5.082	0.014	0.28
Jet Fuel A-1	4.762	4.773	0.011	0.23
Jet Fuel A-1	5.368	5.382	0,014	0.26
Jet Fuel A-1	4.332	4.340	0.008	0.18

Таблиця 4: Порівняння результатів

* ASTM D445-15 для палива для реактивних двигунів визначає відтворюваність 1,9% при температурі -20 °C. Для отримання результатів, які відповідають специфікаціям щодо відтворюваності ASTM D445, SVM 3001 потребує спеціального калібрування для вимірювання палив для реактивних двигунів. Див. Розділ 3.3, "Калібрування".

5 Література

- ASTM D7042
- EN ISO 3104: Petroleum products – Transparent and opaque liquids - Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity
- ASTM D445: Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and the Calculation of Dynamic Viscosity)
- GOST 33-82 – Нефтепродукты. Метод определения кинематической и расчет динамической вязкости (Petroleum products. Method for determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity)

6 Підсумки

Віскозиметр SVM 3001 ідеально підходить для визначення кінематичної в'язкості авіаційного палива. Як було показано у звіті вимірювання на SVM 3001 безпечніші, дешевші, швидші та зручніші, якщо обладнання та налаштування відповідають вимогам зазначеним у цьому звіті (див. частина 3).

6.1 Порівняння віскозиметра SVM 3001 та капілярного віскозиметра

Для застосувань при низькій температурі (-20 °C / -40 °C) зазвичай призначаються два типи інструментів. Або великі віскозиметричні ємності для тестування двох або чотирьох капілярів одночасно, або компактні настільні міні віскозиметри з набором з 10 капілярів, різних за розміром.

Хоча останні не споживають великої кількості (> 10 л) охолоджуючих рідин, вони все ж мають дві властивості, спільні з першими згаданими пристроями.

Усі ці низькотемпературні капілярні віскозиметри потребують охолодження рідиною, яка не замерзає при температурі, яка є нижчою за температуру вимірювання. Це, як правило, дорогі силіконові масла з якими виникають труднощі в роботі або рідини які мають низьку температуру спалаху, що є небезпечним для життя та здоров'я.

На контрасті з цим, навіть для випробувань при -40 °C охолоджуюча рідина для SVM 3001 має охолоджуватися лише до +5 °C, таким чином, можна використовували проточну воду.

При роботі з капілярними віскозиметрами неможливо провести очищення та сушку при низьких температурах вимірювання - перешкоджає конденсація.

Один автоматичний міні-віскозиметр вирішує цю проблему, нагріваючи апарат для проведення процедури очищення. Але як би швидко це не робилось, такий підхід потребує більше часу та енергії, ніж SVM 3001 з обладнанням для осушення повітря.

У наступних таблицях наведено огляд основних відмінностей між SVM 3001 та низькотемпературними капілярними віскозиметрами:

SVM 3001		Капілярний віскозиметр	
Вимірювання згідно зі стандартом			
ASTM D7042		ASTM D445	
Обладнання для термостатування			
<ul style="list-style-type: none"> малопотужний зовнішній циркуляційний термостат недорога суміш вода / гліколь (не горюча, легка в експлуатації) 		<ul style="list-style-type: none"> теплообмінник повітря-вода (поставляється разом з віскозиметром) рідина для ванни, яка залишається прозорою також нижче температури вимірювання 	
Діапазон температур вимірювання			
Від -60 °C до +135 °C		Від -40 °C до 30 °C	
Необхідна кількість охолоджуючої рідини			
Залежить від моделі: <ul style="list-style-type: none"> F250: 2 л FL601/FP50-HE: 8 л 		<ul style="list-style-type: none"> рідина для ванни: припл. 210 мл, додатково циркулятор води для теплообмінника рідина-повітря 	
Час охолодження (починаючи з кімнатної температури)			
<ul style="list-style-type: none"> < 20 хв для -20 °C < 30 хв для -40 °C Заповнення, очищення і сушка можуть бути виконані при вимірювальній температурі		<ul style="list-style-type: none"> невідомо невідомо інструмент потрібно нагріти до кімнатної температури щоб наповнити, очистити та просушити	
Використання зразка			
<ul style="list-style-type: none"> Ручне заповнення: 5 мл Автоматичне заповнення: 8 мл 		6 мл	
Використання розчинника			
<ul style="list-style-type: none"> Ручне заповнення: 6 мл Автоматичне заповнення: 8 мл 		припл. 12 мл на цикл очищення зазвичай 3 цикли	
Пропускна здатність приладу			
<ul style="list-style-type: none"> Ручне заповнення: 6 зразків/год. Автоматичне заповнення: 5 зразків/год. 		Від 2 до 4 зразків/год	
Габарити (Ш x Г x В)			
<ul style="list-style-type: none"> SVM 3001 (510 x 330 x 231 мм) Циркуляційний термостат: F250: 240 x 400 x 520 мм) Набір для осушування повітря (580 x 130 x 300 мм – кріпиться на стінку) 		<ul style="list-style-type: none"> Капілярний віскозиметр з ванною (254 x 437 x 598 мм) блок живлення (330 x 356 x 159 мм) теплообмінник повітря-вода (386 x 511 x 349 мм) ПК для контролю вакуумний насос система вентиляції 	

Таблиця 5: Порівняння SVM 3001 з капілярним віскозиметром

SVM 3001		Капілярний віскозиметр у термостатованій ванні	
Вимірювання згідно зі стандартом			
ASTM D7042		ASTM D445	
Обладнання для термостатування			
<ul style="list-style-type: none"> малопотужний зовнішній циркуляційний термостат недорога суміш вода / гліколь (не горюча, легка в експлуатації) 		<ul style="list-style-type: none"> велика стаціонарна термостатована ванна з ідеальною ізоляцією рідина для ванни, яка не замерзає нижче температури вимірювання 	
Діапазон температур вимірювання			
Від -60 °C до +135 °C		Залежить від моделі: <ul style="list-style-type: none"> від -70 °C до +15 °C або від -40 °C до 30 °C 	
Необхідна кількість охолоджуючої рідини			
Залежить від моделі: <ul style="list-style-type: none"> F250: 2 л FL601/FP50-HE: 8 л 		10 л	
Час охолодження (починаючи з кімнатної температури)			
<ul style="list-style-type: none"> < 20 хв для -20 °C < 30 хв для -40 °C 		Декілька годин	
Використання зразка			
<ul style="list-style-type: none"> Ручне заповнення: 5 мл Автоматичне заповнення: 8 мл 		13 мл	
Використання розчинника			
<ul style="list-style-type: none"> Ручне заповнення: 6 мл Автоматичне заповнення: 8 мл 		40-50 мл	
Пропускна здатність приладу			
<ul style="list-style-type: none"> Ручне заповнення: 6 зразків/год. Автоматичне заповнення: 5 зразків/год. 		заповнений вручну скляний капіляр: <ul style="list-style-type: none"> припл. 1 - 2 зразків/год 	

Таблиця 6: Порівняння SVM 3001 з капілярним віскозиметром у термостатованій ванні

Додатки

Додаток А. Про паливо для реактивних двигунів

Що таке паливо для реактивних двигунів?

Це паливо, придатне для використання в літальних апаратах, які працюють на турбореактивних або турбогвинтовентиляторних двигунах.

Хімічний склад

Авіаційне паливо складається, в основному, з вуглеводнів (парафінів, циклопарафінів, нафтенів, ароматичних речовин та олефінів). Крім того, воно містить добавки, які залежать від конкретного завдання при використанні палива. Парафіни та циклопарафіни - основні компоненти. Парафіни мають чистіші продукти згорання, ніж інші вуглеводні. Циклопарафіни збільшують густину палива. Ці компоненти знижують температуру замерзання палива.

Ароматичні вуглеводні є хорошим джерелом енергії, але вони утворюють дим при спалюванні, тому їх максимальний вміст обмежений. Олефіни схожі на парафіни. Вони є найбільш реакційноздатними з вуглеводнів і їх дозволений вміст обмежений. Бензол присутній у паливі з широкою фракцією, але є забруднювачем. Його вміст зазвичай нижче 0,5%.

Також у паливі можуть бути присутніми неуглеводневі сполуки, такі як сірка та її сполуки. В залежності від використання, реактивне паливо містить в обмеженій кількості добавки, такі як інгібітори обмерзання паливної системи, антиоксиданти, металеві дезактиватори, інгібітори корозії та добавки для дисипації статичної електрики.

Паливо широкої фракції - це суміш гасу з бензином, воно може бути класифіковане як гасове з широкою фракцією чи бензинове з широкою фракцією.

Всі виробничі та експлуатаційні характеристики авіаційних палив точно визначені відповідно до міжнародних та національних стандартів та регуляційних норм.

Види палива

Гас

Це, наприклад, паливо реактивне А-1/а (Jet А-1/а,), JP-8, TS-1 та №3.

Jet А-1 - це найпоширеніший тип гасу в цивільній авіації в усьому світі. Він виробляється однакової якості на різних НПЗ відповідно до міжнародних та національних стандартів.

JP-8 є військовим еквівалентом реактивного палива А-1. Єдина відмінність між Jet А-1 та JP-8 - це деякі добавки, які входять до JP-8.

TS-1 має покращені низькотемпературні властивості, його застосовують переважно у Східній Європі та Росії.

№ 3 паливо для реактивних двигунів, яке є доступним переважно в Китаї.

Ці типи гасу застосовуються в турбореактивних і турбогвинтовентиляторних двигунах.

Паливо широкої фракції

Своєю назвою завдячує широкому діапазону кипіння при бл. від 35 °С до 315 °С. Ці палива можна використовувати в розширеному температурному діапазоні, особливо в умовах холодного клімату. Паливо широкої фракції - це суміш гасу та бензину. Добре відомі сорти це наприклад, Jet В, JP-4 і Т-2. Jet В, які використовуються, в основному, в цивільній авіації, JP-4 - його військовий еквівалент. Їх застосовують для турбореактивних і турбогвинтовентиляторних двигунів.

На відміну від Т-2, Jet В і JP-4 не мають специфікації в'язкості.

Гас з високою температурою спалаху

Характеристики цього палива, по суті, є такими ж, як і для палива газового типу. Різниця полягає в покращенні пожежної безпеки завдяки мінімальній температурі спалаху 60 °С. В основному, це потрібно на борту авіаносців. В основному, використовується марка JP-5.

Цей сорт може використовуватися для турбореактивних і турбогвинтовентиляторних двигунів.

Гас з низькою летючістю

Найбільш поширений сорт - JP-7. Це військове реактивне паливо, яке використовується, в основному, для надзвукових літаків через свою хорошу теплостійкість і високу температуру спалаху.

Він виготовляється із спеціальних запасів суміші та складається переважно з вуглеводнів, таких як алкани та циклоалкани, але з дуже низьким вмістом високо летючих компонентів, таких як толуол або бензол.

Авіаційний бензин

Це паливо відомо також як AVGAS й є доступним у чотирьох марках. Авіаційний бензин ідентифікується за октановим числом (наприклад, 100 LL) й містить свинцеву речовину, яка виступає інгібітором спалаху й має погані змащувальні властивості. Він використовується лише для поршневих двигунів та двигунів Венкеля.

На відміну від гасу, авіаційний бензин не має специфікації в'язкості.

Додаток В. Навіщо вимірювати в'язкість авіаційного палива?

Загальний огляд

В'язкість є важливим параметром безпеки повітряного судна, оскільки безпосередньо впливає на роботу системи впрыскування палива та паливного насоса.

Впрыскування палива

Авіаційне паливо вводиться в секцію спалювання турбінного двигуна через форсунки під високим тиском. Ця система виробляє тонкий потік крапель палива, які швидко випаровуються при змішуванні з потоком гарячого повітря. В'язкість палива безпосередньо впливає на розмір крапель і схему розпилення.

Якщо в'язкість є занадто високою, краплі палива будуть недостатньо дрібними, що може призвести до проблем із їх спалюванням у двигуні. Тому визначається верхня межа в'язкості.

Паливний насос - продуктивність та змащення

В'язкість палива також впливає на падіння тиску в паливній системі. Чим вище в'язкість, тим вище падіння тиску в паливній системі і тим сильніше паливний насос повинен працювати, щоб забезпечити постійну швидкість потоку палива.

В'язкість також впливає на продуктивність блоку управління паливною системою літака, який знаходиться між важелем потужності пілота та паливним клапаном. Дуже часто паливний насос інтегрується в блок управління. Потік палива регулюється не безпосередньо важелем живлення, а керуючим блоком, який виконує функції комп'ютера, визначаючи необхідну кількість палива. З іншого боку, в гіршому випадку занадто низька в'язкість може призвести до відсутності мастила і, отже, до механічного виходу з ладу системи.

Параметри в'язкості та типові значення в'язкості

Параметр в'язкості для авіаційних палив - кінематична в'язкість. Залежно від сорту та використання її вимірюють при +20 °C, -20 °C або -40 °C. Відповідні технічні умови вказані у відповідних стандартах та положеннях. У таблиці 7 наведено огляд характеристик в'язкості деяких марок реактивного палива.

Реактивне паливо	Кінематична в'язкість [мм ² /с]	Визначається при
Jet A/A-1, JP-7, JP-8, Гас AVTUR, Паливо для авіаційних двигунів згідно з ASTM D1655 змішане з SPK	max. 8.0	-20 °C
JP-5 Паливо з високою температурою спалаху	max. 8.5	-20 °C
JP-7 Паливо з низькою летючістю	max. 8.0 max. 15	-20 °C -34.5 °C
No. 3 Гас	min. 1.25 max. 8.0	+20 °C -20 °C
TS-1 Гас вищого сорту	min. 1.30 max. 8.0	+20 °C -40 °C
TS-1 Гас для рутинного вжитку	min. 1.25 max. 8.0	+20 °C -40 °C
T-1 Гас для рутинного вжитку, T1-S Гас спеціального призначення	min. 1.50 max. 16.0	+20 °C -40 °C
T-2 Гас широкої фракції	min. 1.05 max. 6	+20 °C -40 °C
RT Гас вищого сорту	min. 1.25 max. 16	+20 °C -40 °C
AVCAT/FSII Гас з високою температурою спалаху	max. 8.8	-20 °C

Таблиця 7: Реактивні палива - характеристики в'язкості

Стандартні специфікації реактивного палива

- ASTM D1655 Standard Specification for Aviation Turbine Fuels (стандарт стосується Jet A/A1)
- ASTM D7566: Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons (Цей стандарт охоплює реактивне паливо згідно з ASTM D1655, яке змішане з синтетичним парафіновим гасом SPK)
- MIL-DTL-5624U Detail Specification Turbine fuel, Aviation, grades JP-4 and JP-5
- MIL-DTL-83133E Detail Specification Turbine fuel, Aviation, Kerosene types, NATO F-34 (JP-8), NATO F-35, and JP-8+100
- MIL-DTL-38219D Detail Specification Turbine fuel, Low volatility, JP-7
 - GOST 10227-86 – Топлива для реактивных двигателей. Технические условия. Jetfuels. Specifications (стандарт стосується TS-1, T1, T2 та RT)
- GB 6537-2006 Jet Fuel No. 3