

## **Числено моделиране на евакуация на замърсена струя посредством бордови смукател**

Иван Денев

*Изравняването на българските и европейските нормативни и регулаторни уредби през последните години доведе до повишаване изискванията на регулаторните органи по отношение на качеството на изхвърляния въздух, следствие от различни технологични процеси. Предвид това, че работата на голяма част от съществуващото, значително амортизирано и енергоемко производствено оборудване е съпроводено с отделянето на вредни вещества в работната зона се търсят методи и средства за тяхното ефективно улавяне и отвеждане извън работното помещение и гарантирането на чист въздух за работниците в тях.*

*В настоящата работа е направена числена симулация на процес на отвеждане на турбулентна струя посредством често използван в инженерната практика бордови смукател. Поради различни конструктивни особености на оборудването това е най-удачният вариант за монтаж на смукателна система за различни видове галванизационни и термични вани, отделящи значителни количества вредности.*

Ключови думи: турбулентни струи, числено моделиране, бордови смукател, вредности

## **Numerical modeling on evacuation of pollutant jet with on-board suction**

Ivan Denev

*The alignment of the Bulgarian and European regulatory and regulatory arrangements in recent years has led to an increase in the requirements of regulators regarding the quality of the exhaust air resulting from different technological processes. Considering that the work of a large part of the existing, significantly depreciated and energy-intensive production equipment is accompanied by the release of harmful substances in the working area, methods and means are sought for their efficient capture and removal outside the working premises and guaranteeing clean air for the workers in them.*

*In the present work, a numerical simulation of a turbulent jet process is made by using on-board exhaust suction in the engineering practice. Because of the different design features of the equipment, this is the most appropriate option for installing a suction system for different types of galvanizing and thermal baths, which emit significant amounts of pollutants.*

Key words: turbulent jet, CFD modeling, on-board suction, pollutants

### **Въведение**

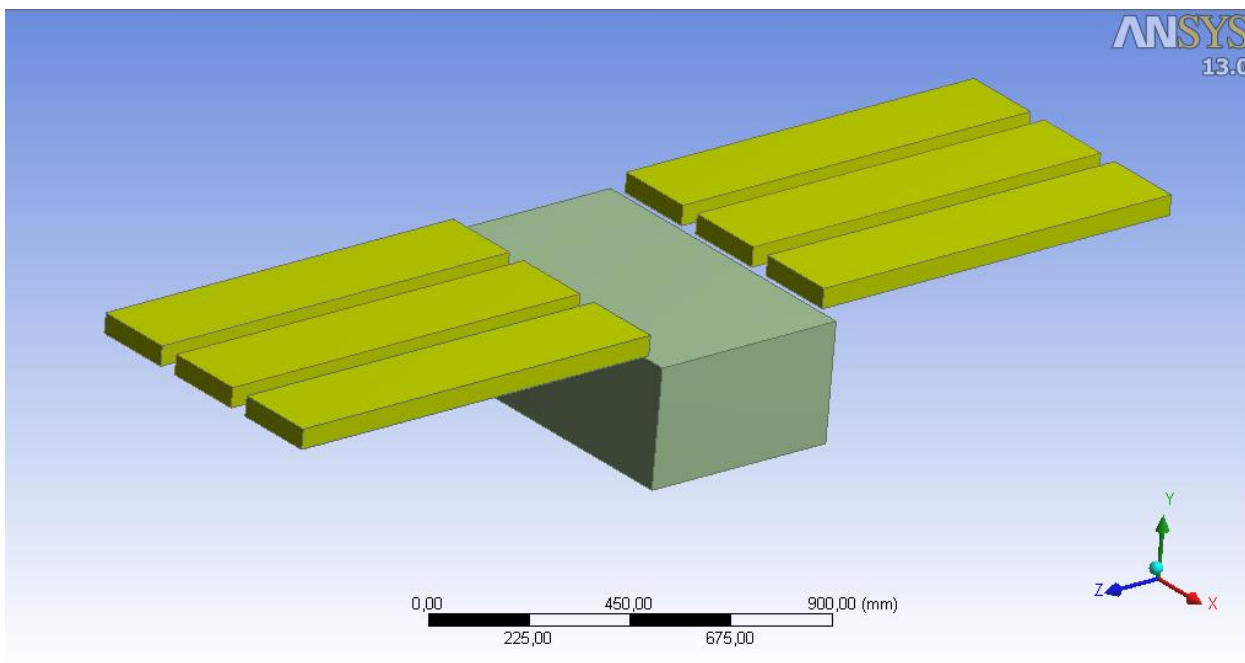
Много често в инженерната практика от чисто конструктивна гледна точка е невъзможно изпълнението на смукателна вентилация, разположена съосно с повърхността на отделяне на вредностите. Такива например са случаи при различни вани за закаляване на детайли, където пространството над източника на замърсяване се използва от кранове за подаване и отвеждане на детайлите. При този случай е необходимо проектирането на

смукателните устройства, разположени под ъгъл спрямо първоизточника на замърсяване(бордови смукател).

Наличието на подобен тип инсталации е предпоставка за разглеждането и на вариант за засмукване на вредности с помощта на смукател, разположен под ъгъл спрямо източника на замърсяване, като в настоящата работа са реализирани числени симулации на няколко варианта на бордови смукатели.

### Изграждане на геометричен модел

Построен е геометричен модел на термична вана, отделяща вредности и странично разположени смукатели (бордови смукатели) като в последствие са реализирани числени симулации на отвеждане на вредности с двустранно разположени бордови смукатели, едностранно разположени и един вариант с неработеща местна смукателна вентилация, т.е. наличие на общообменна такава.



Фиг. 1 - Модел на вана, отделяща вредности и бордови смукатели за тяхното евакуиране

След построяване на модела и дефиниране на граничните условия за задачата се пристъпва към числената симулация. Преди това се задават уравненията за движение [3] които ще се решават с цел да се получи разпределението на исканите от нас величини. За целта е избран стандартен k-ε модел на турбулентност [2], базиран на транспортните уравнения за турбулентната кинетична енергия „k“ и скоростта на дисипация „ε“.

Те се дефинират със следните транспортни уравнения:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + G_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - G_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \quad (2)$$

където:

$G_k$  – генерация на турбулентна кинетична енергия в резултат на наличието на скоростен градиент.

$G_b$  - генерация на турбулентна кинетична енергия в резултат на подемната сила.

$Y_M$  – показва степента на увеличение на турбулентната кинетична енергия с цел компенсиране на затихването на скоростта на дисипация. Този коефициент отразява ефекта на свиваемост на флуида при високи числа на  $Max$ .

Симулацията на процесите е проведена във Fluent модула на софтуерния продукт Ansys [1]. Решението е постигнато след приблизително 380 итерации, съгласно предварително зададените критерии.

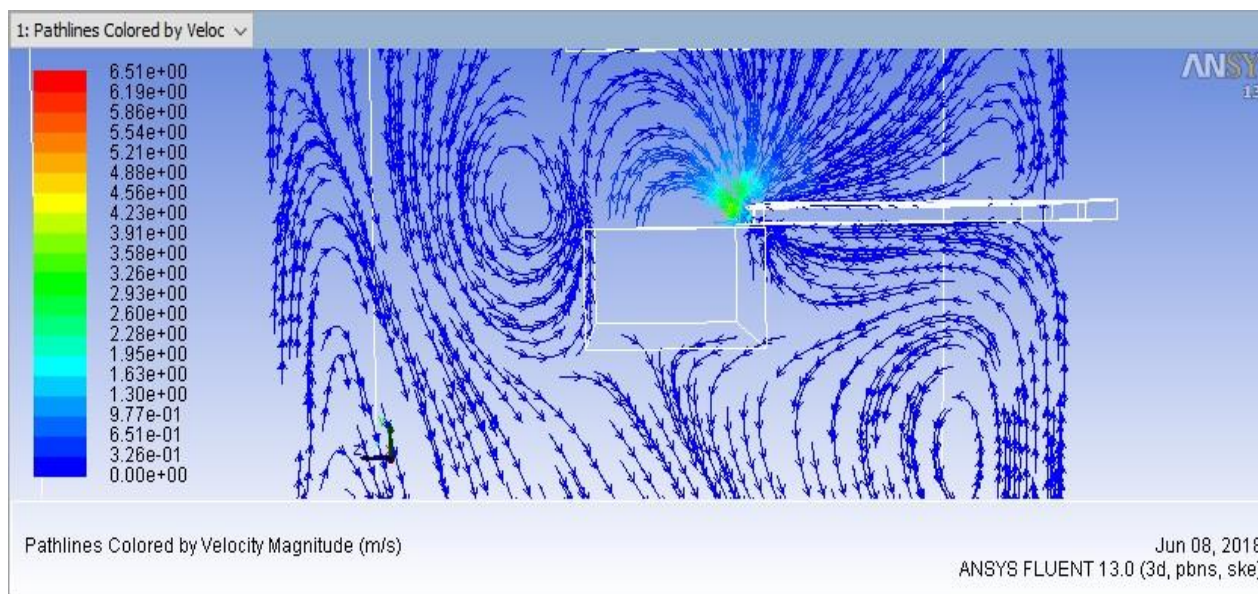
### Резултати от численото решение

Получени са резултати за три варианта – с двустранно разположени бордови смукатели, с едностранно разположени бордови смукатели и неработеща местна смукателна вентилация. За трите варианта е използвано еднакво количество на подаваната (замърсена) струя от ваната и еднакъв дебит на засмукване. Съответно  $Q_0 = 0,2 \text{ m}^3/\text{h}$  и  $Q_c = 0,4 \text{ m}^3/\text{h}$ .

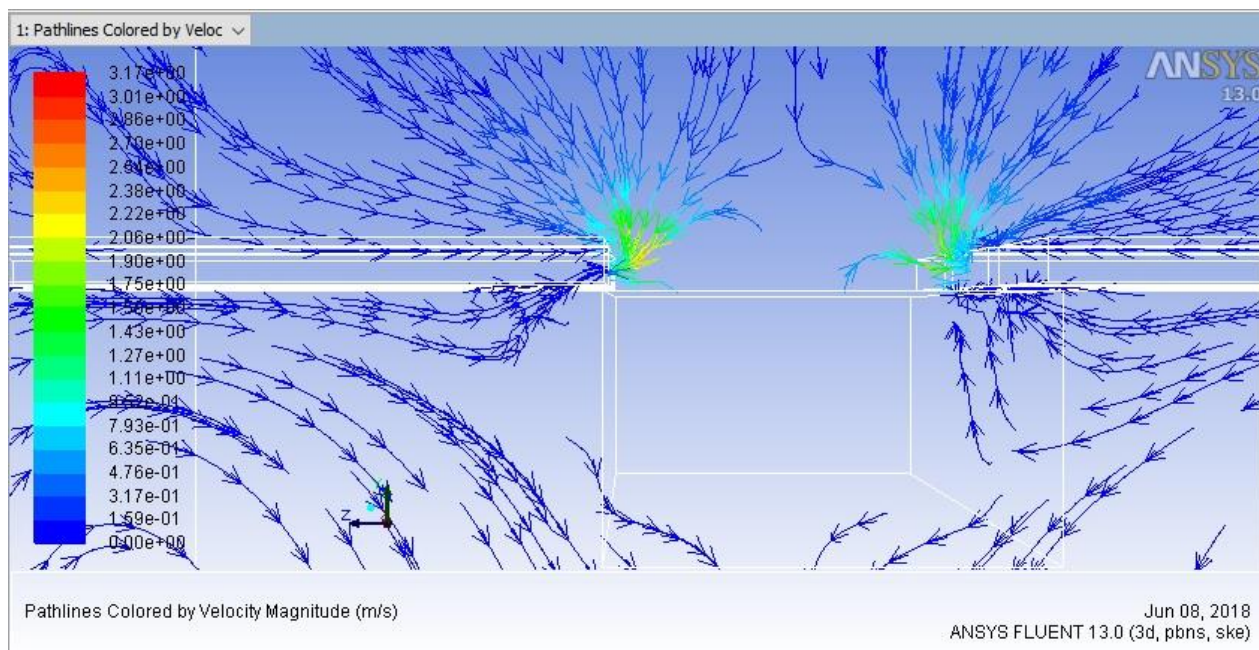
При решението са използвани стандартните константи в модула Fluent:

$$C_\mu=0.09 \quad C_{\epsilon 1}=1.44 \quad C_{\epsilon 2}=1.92 \quad \sigma_k=1 \quad \sigma_\epsilon=1.3$$

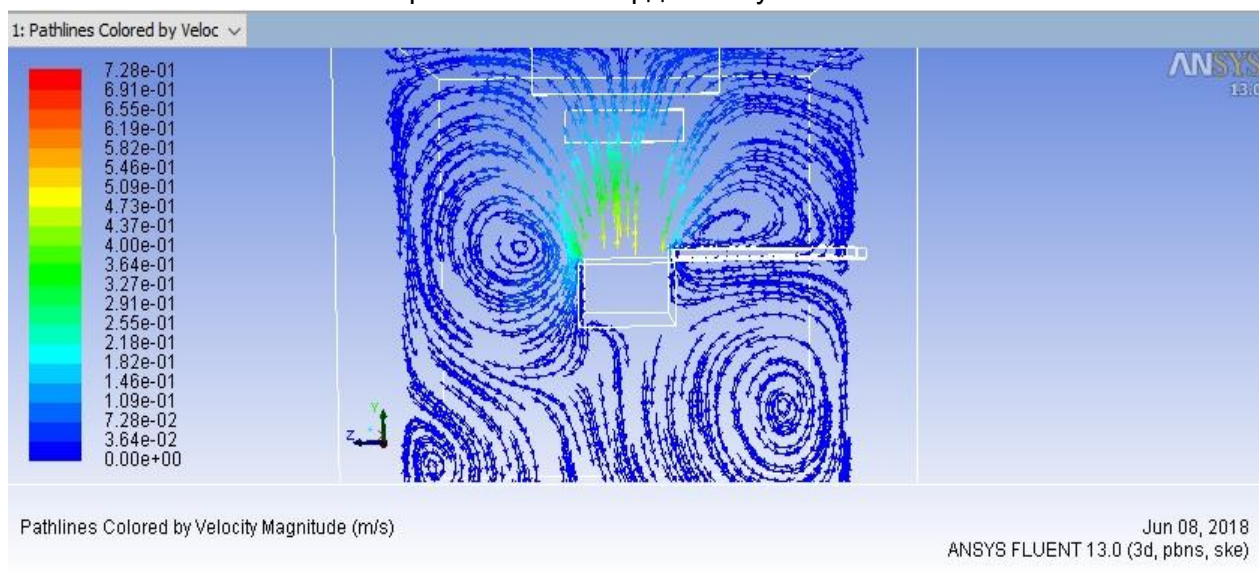
Резултатите за скоростните линии на трите разгледани варианта са дадени на фиг. 2, фиг. 3 и фиг. 4.



Фиг. 2 - Скоростни линии при евакуиране на замърсена струя от вана с едностранно разположени бордови смукатели



Фиг. 3 - Скоростни линии при евакуиране на замърсена струя от вана с двустранно разположени бордови смукатели

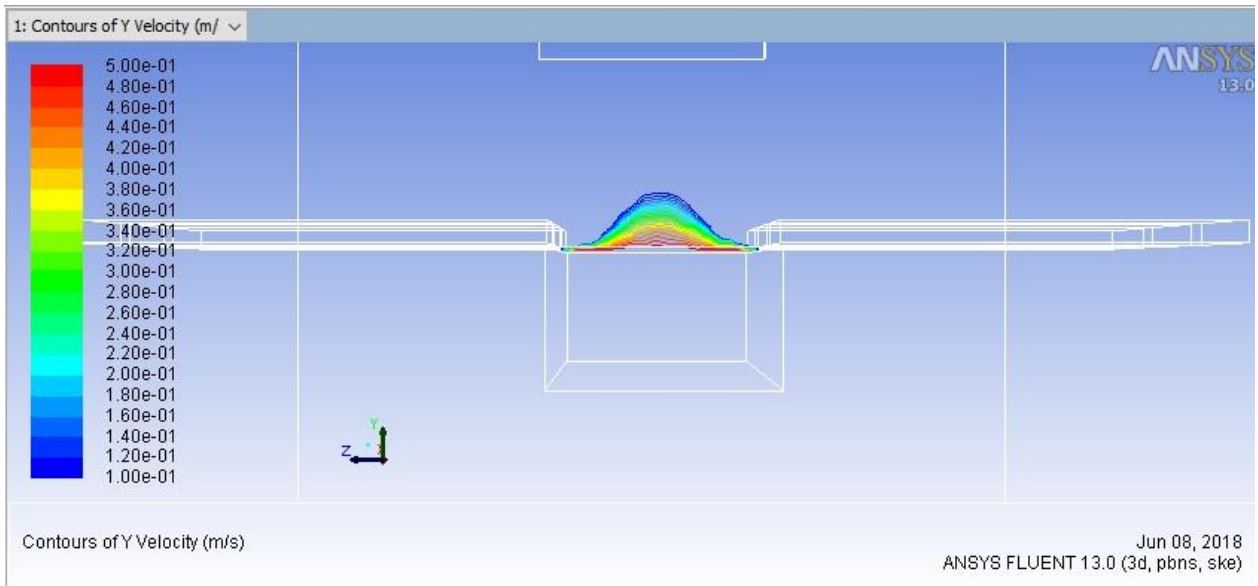


Фиг. 4 - Скоростни линии при евакуиране на замърсена струя от вана с неработеща местна смукателна вентилация

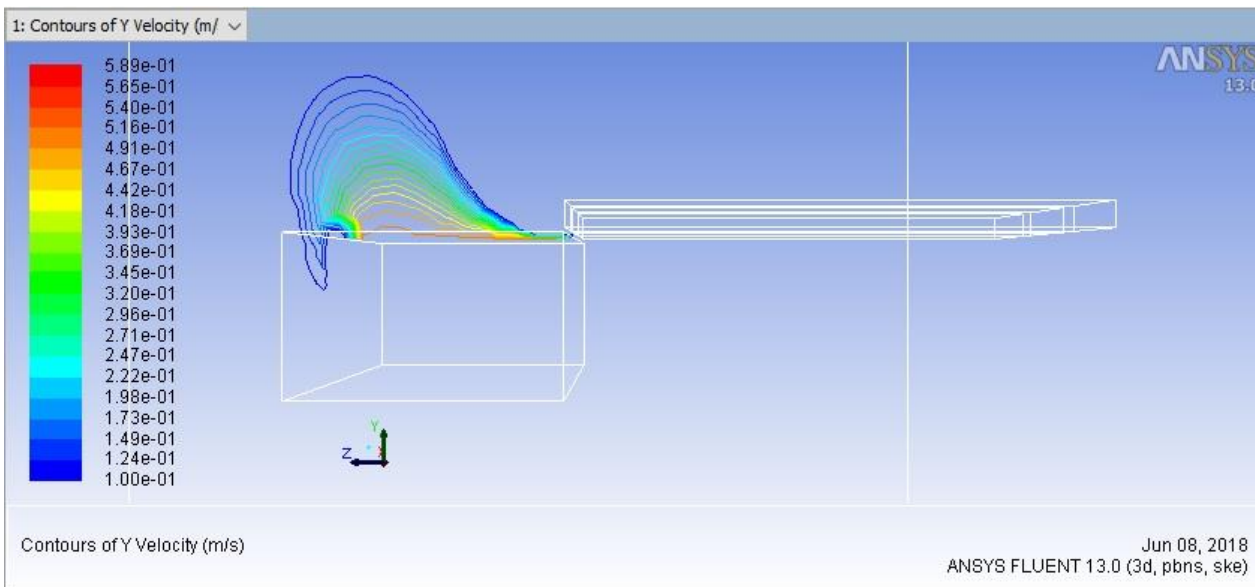
От предложените варианти за евакуиране на вредности от повърхността на дадена вана се вижда много по-доброто отвеждане, което се получава при двустранно разположени бордови смукатели. Цялостната картина показва и местата, на които се получават циркуляционни зони.

Разгледани са и контурите на скоростната компонента по вертикала за трите предложени варианта на евакуиране на замърсената струя. Те са показани на фиг. 5 – фиг. 7.

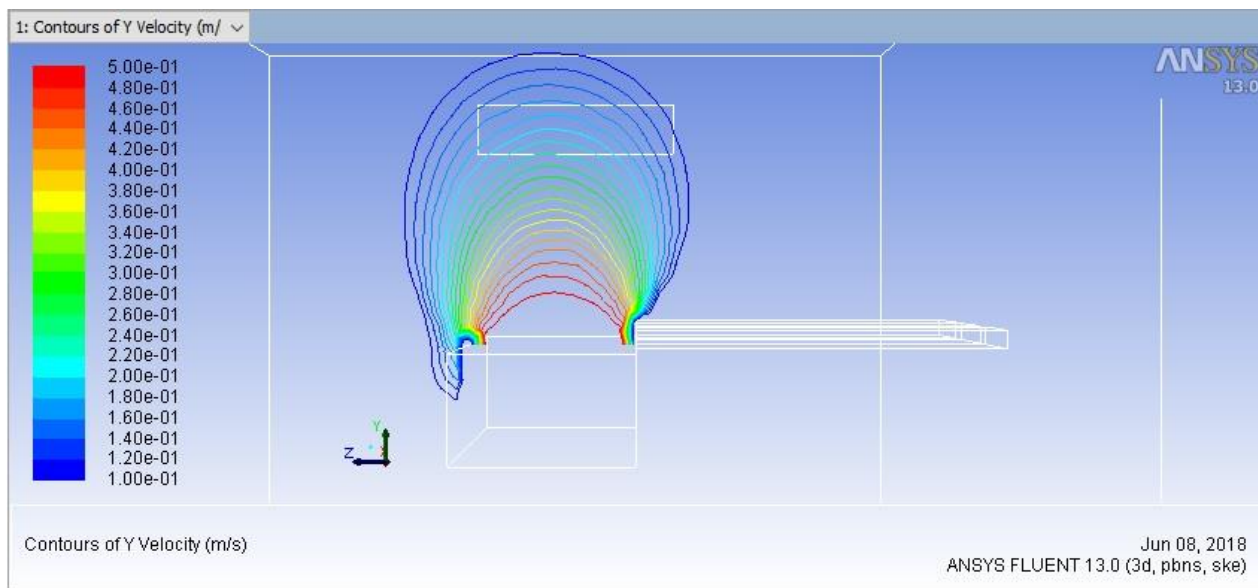




Фиг. 5 - Контури на скоростната компонента по вертикала при вариант с двустранно разположени бордови смукатели



Фиг. 6 - Контури на скоростната компонента по вертикала при вариант с едностранно разположени бордови смукатели



Фиг. 7 - Контури на скоростната компонента по вертикала при вариант с неработеща местна смукателна вентилация

След направени сечения по височина на разпространение на струята е установено, че при използване на двустранно разположени бордови смукатели замърсената струя се издига до 0,28m, в случай на едностранно разположени смукатели достига височина от 0,51m, а при неработеща местна вентилация издигането на замърсената струя е до тавана на помещението. Като извод може да се каже, че при еднакви условия за предпочитане е двустранно разположение на бордовите смукатели за по-пълно улавяне на замърсената струя и съответно с по-ниски експлоатационни разходи.

### Заклучение

В работата е направено числено решение на евакуирането на вредности с помощта на бордови смукатели. Построен е геометричен модел на поставената задача. Дадени са началните и гранични условия, като за решаване на така формулираната задача е приложен стандартен k-ε модел на турбулентност. Направено е сравнение между едностранно разположени бордови смукатели, двустранно разположени такива, както и вариант с неработеща местна смукателна вентилация.

### Литература:

1. Ansys Fluent 12.0 User's guide, 2009
2. Wilcox D. Turbulence modeling for CFD, 2006
3. Антонов И.С., Приложна механика на флуидите, София 2009 г

докт. Иван Денев, Технически университет – София, катедра „ХАД и ХМ“, e-mail: [ivan\\_denev.eng@abv.bg](mailto:ivan_denev.eng@abv.bg)